

Modèles et outils pour l'assistance à la conception Application à la conception architecturale

MEMOIRE

Présenté et soutenu publiquement le 21 Mai 2004

pour l'obtention de l'

Habilitation à Diriger des Recherches en Informatique

Par

Gilles HALIN

Composition du jury

Tuteur Scientifique : Claude Godart
Professeur en Informatique à l'ESSTIN, Université UHP. Responsable de l'Equipe
ECOO, Loria.

Rapporteurs : Yves Chiaramella, Professeur en Informatique à l'Université Joseph Fourier de
Grenoble. Directeur de l'IMAG.

Bertrand David, Professeur en Informatique à l'Ecole Centrale de Lyon.
Directeur de l'ICTT.

Chantal Soulé-Dupuy, Professeur en Informatique à l'Université Toulouse I.
Laboratoire IRIT

Examineurs : Jacques Le Maître, Professeur en Informatique à l'Université de Toulon et du
Var, Directeur du laboratoire SIS.

Karl Tombre, Professeur en Informatique à l'Ecole des Mines de Nancy de l'INPL.
Responsable du département de formation doctorale informatique de l'IAEM Lorraine

Jean-Claude Bignon, Architecte DPLG, Professeur en Architecture à l'Ecole
d'Architecture de Nancy. Habilité à diriger des recherches

Remerciements

Je tiens à adresser mes remerciements à :

Monsieur Claude Godart, professeur à l'ESSTIN et responsable de l'équipe ECOO au Loria, qui a contribué à l'existence du projet CoCAO présenté dans ce mémoire et qui m'a fait l'honneur d'accepter d'être mon tuteur scientifique.

Monsieur Yves Chiaramella, professeur à l'Université Joseph Fourier de Grenoble, directeur de l'IMAG, qui m'a fait comprendre la problématique de la recherche d'information et qui a accepté d'être rapporteur de ce travail.

Monsieur Bertrand David, professeur à l'Ecole Centrale de Lyon, directeur de l'ICTT, animateur du groupe « collectif » du GDR I3 au sein duquel il fait régner une ambiance studieuse mais néanmoins détendue et qui a accepté d'être rapporteur de ce travail.

Madame Chantal Soulé-Dupuy, professeur à l'Université Toulouse I, qui m'a toujours soutenu dans cette démarche de synthèse de mes recherches et qui a accepté d'être rapporteur de ce travail.

Monsieur Jacques Le Maître, professeur de l'Université de Toulon et du Var, directeur du SIS et du GDR I3 et Monsieur Karl Tombre, professeur de l'Ecole des Mines de Nancy, qui ont accepté de faire partie de mon jury.

Monsieur Jean Claude Bignon, architecte et professeur habilité à l'Ecole d'Architecture, avec qui j'ai coopéré sur tous les travaux présentés dans ce mémoire et qui, par sa largeur d'esprit, ses qualités humaines et ses compétences scientifiques, a rendu cette coopération très agréable et productive.

Monsieur Jean Pierre Perrin, architecte et professeur à l'Ecole d'Architecture de Nancy, directeur du CRAI, pour son amitié et l'ambiance de travail du laboratoire.

Tous les personnes qui ont participé à ces travaux par la réalisation d'une thèse : Damien Hanser, pour notre collaboration fructueuse ; Celso Scaletsky, pour sa vision originale de la conception ; Walaiporn Nakapan, pour sa patience et sa détermination ; Olivier Malcurat, pour son regard original sur l'informatique ; Sabrina Kacher, pour son sérieux.

Tous les membres du CRAI, qui ont participé directement ou indirectement à ce travail : Pascal Humbert, Daniel Leonard, Françoise Schatz, Yasmine Sahanouni, Eric Vion, Vincent Marchal, Annie Bouyer, Salim Belblidia, Mohamed Bouattour, Didier Bur, Sylvain Kubicki, Alain Fuchs.

Les membres de l'équipe Ecoo qui ont accepté de collaborer avec des architectes : Gérome Canals, Pascal Molli, François Charoy et Christophe Boutier.

Tous les stagiaires avec qui j'ai eu un grand plaisir à travailler : Annie, Hélène, Sébastien, Samuel, Mirela, Marc, Alain.

Les membres de l'UMR MAP et leur directeur Monsieur Michel Florenzano pour le soutien qu'ils m'ont apporté dans la réalisation de ces travaux.

Fait à Nancy, le 19 Mars 2004.

à Sandrine, Maxime, Pauline et Simon.

Sommaire

Remerciements.....	3
Sommaire.....	7
Introduction	9
I. Contexte de la recherche	9
II. Assistance à la conception	10
III. Le domaine d'application : l'architecture.....	10
IV. Les thèmes abordés, plan du mémoire	11
Chapitre 1. La conception, de l'idée à l'objet en passant par le processus.....	13
I. Introduction	13
II. La conception.....	13
III. La conception architecturale.....	21
IV. Le logiciel, un objet de conception ?.....	27
VI. La place de l'outil informatique dans la conception.....	31
VII. Conclusion	34
Chapitre 2. Les objets en cours de conception : des objets complexes.....	35
I. Introduction	35
II. Un processus évolutif de la conception technique : arTec.....	35
III. Un modèle d'objets complexes pour l'assistance à la conception.....	42
IV. Mémoire de la conception : un questionnaire d'objets complexes.....	48
V. Conclusion	52
Chapitre 3. Les hypermédias pour l'organisation et l'accès à l'information dans l'assistance à la conception.....	53
I. Introduction	53
II. L'Hypermédia : un objet de conception.....	53
III. La méthode proposée.....	55
IV. Application de la méthode.....	61
V. Conclusion	68
Chapitre 4. L'image comme support à la recherche d'information et à la veille technologique	69
I. Introduction	69
II. Recherche d'informations par l'image.....	69
III. Veille technologique par l'image.....	80
IV. Applications et Expérimentations.....	89
V. Conclusion et Perspectives	93
Chapitre 5. Vers un modèle d'assistance à la conception coopérative et une vision contextuelle du projet.	95
I. Introduction	95
II. La conception coopérative	95
III. Un Meta-Modèle de coopération orienté «relation».....	106
IV. Vers une visualisation contextuelle du projet coopératif.....	111
V. Applications et Expérimentations.....	115
VI. Conclusion et Perspectives	119

Conclusion	121
I. Remarques préliminaires.....	121
II. Eléments de réflexions.....	121
III. Perspectives envisagées.....	122
IV. Cadre de modélisation.....	124
Références	125
Annexe 1 : Curriculum vitae	131
I. Etat Civil	131
II. Diplômes et études.....	131
III. Thèse.....	132
IV. DEA.....	132
V. Expériences professionnelles.....	133
Annexe 2 : Activités de recherche	135
I. Synthèse	135
II. Récapitulatif des programmes de recherche	136
III. Activités Nationales.....	137
IV. Collaborations	137
V. Participation à des comités de programme de conférences	138
VI. Organisation de manifestation.....	138
VII. Distinctions	138
VIII. Logiciels	139
Annexe 3 : Activités d'enseignement.....	141
I. Présentation générale.....	141
II. Descriptif des enseignements.....	141
III. Polycopiés – Support de cours.....	143
IV. Logiciels pédagogiques	144
Annexe 4 : Activités collectives et administratives	145
I. Charges et responsabilités administratives.....	145
II. Activités collectives	146
Annexe 5 : Activité d'encadrement.....	147
I. Encadrements de chercheurs	147
II. Encadrement de moniteurs d'enseignements	149
Annexe 6 : Publications.....	151
I. Tableau récapitulatif.....	151
II. Détails des publications	151
Table des matières	157

Introduction

Ce mémoire présente un bilan des travaux de recherches que nous avons réalisés ou encadrés, depuis la soutenance de notre thèse en 1989, au sein du CRIN¹ puis du CRAI². Avant de présenter l'ensemble des thèmes qui ont été abordés et les problématiques qui ont été formulées, il nous semble important de replacer ces recherches dans leur contexte afin de mieux comprendre leur existence.

I. Contexte de la recherche

Le parcours 'non linéaire' que nous avons suivi dans le monde de la recherche, nous a confronté à de nombreux domaines où l'aspect pluridisciplinaire était toujours présent. Nous qualifions notre parcours de 'non linéaire', car il n'est pas caractérisé par l'étude et l'approfondissement d'une même notion ou d'un même thème particulier, mais par un ensemble de thèmes, que les rencontres, les événements vécus tout au long de notre vie universitaire, mais aussi que notre curiosité, nous ont fait découvrir. Ce parcours, riche d'expériences et de confrontations multiples, a toujours été guidé par le souci de concevoir et de réaliser des systèmes informatiques utiles et utilisables et qui répondent à un besoin clairement identifié. Cette recherche a alors été guidée par les applications et elle se concrétise par la proposition de modèles et d'outils adaptés à la conception de ces applications.

A notre arrivée dans le monde de la recherche, la place du multimédia, et plus globalement l'utilisation d'un autre média que le texte dans les systèmes informatiques étaient inexistantes. C'est donc vers cette problématique que nous nous sommes orientés. Le hasard nous a fait choisir l'image plutôt que le son. C'est ainsi que nos premiers travaux de recherche ont porté sur l'analyse d'images tridimensionnelles pour en extraire des formes (régions) dans l'objectif d'identifier des objets. Les applications de ces travaux étant, à l'époque, essentiellement militaires, nous nous sommes orientés rapidement vers une autre utilisation de l'image : la recherche d'informations.

Ces travaux sur la recherche d'images, qui ont été réalisés dans le cadre d'un projet Esprit au sein de l'Equipe Exprim, nous ont permis de découvrir le domaine de la recherche d'informations et le caractère sémiotique de l'image. Les résultats de cette recherche ont été la proposition d'un modèle de recherche d'image utilisant l'interactivité de l'image, une connaissance du domaine exprimée sous la forme d'un thesaurus, et une méthode d'apprentissage symbolique reposant sur un processus de bouclage de pertinence³ et un modèle de mise en correspondance vectoriel. Ce modèle de recherche d'images a été mis en œuvre dans le système RIVAGE réalisé en Smalltalk, et validé par une application en collaboration avec le centre des archives photographiques du Ministère de la Culture. Ces travaux, présentés en détails dans ma thèse, ont mis en évidence, d'une part, que l'image pouvait être un support à la navigation dans un espace d'information structuré que l'on peut qualifier d'hypermédia, et d'autre part, que le pouvoir d'expression des modèles de représentation de données disponibles à l'époque était insuffisant pour décrire l'ensemble des informations contenues et agencées dans une image. C'est à ce dernier point auquel nous nous sommes intéressés lorsque nous avons conçu le modèle EMIR⁴ que nous avons appliqué en premier lieu à la recherche d'image.

Les aléas de notre carrière universitaire nous ont orienté vers le domaine de la CAO, spécialité de recherche du laboratoire LRIM⁵ de Metz, ville universitaire où nous avons eu notre premier poste de Maître de conférences. Notre attrait pour l'Architecture et l'existence d'une coopération entre le LRIM

¹ CRIN : Centre de Recherche en Informatique de Nancy dirigé à l'époque par Jean Pierre Finance, laboratoire qui est à l'origine du LORIA actuel.

² CRAI : Centre de Recherche en Architecture et Ingénierie dirigé à l'époque par Jean Claude Paul

³ Le terme usuel anglais est : Relevance feedback

⁴ EMIR : Extended Model for Information Retrieval

⁵ LRIM : Laboratoire de Recherche en Informatique de Metz dirigé à l'époque par Yvon Gardan

et le CRAI nous ont naturellement conduit à étudier quel pouvait être l'apport de l'outil informatique dans le travail de l'architecte. Ainsi nos premiers travaux, au sein du CRAI, ont consisté à concevoir des outils hypermédia utilisant l'image pour rechercher de l'information technique et plus globalement à réfléchir à ce que pouvait être la contribution d'un système de recherche d'information, basé sur le modèle EMIR, dans une situation de conception technique d'un bâtiment. Ainsi d'une représentation d'information complexe qu'est une image, nous nous sommes intéressés à la représentation d'une information tout aussi complexe qu'est un ouvrage architectural en cours de conception. Le domaine de l'Architecture et l'utilisation de l'outil informatique dans ce domaine, nous ont révélé un nouveau centre d'intérêt : l'assistance à la conception. Ce thème fédère l'ensemble de nos préoccupations et représente le «liant» de tous nos travaux.

II. Assistance à la conception

La conception et plus particulièrement son assistance définissent un contexte riche en problématiques où l'outil informatique a un rôle important à jouer. Ces problématiques questionnent un certain nombre de disciplines, présentes dans la recherche informatique, allant de la représentation d'objets complexes au travail collaboratif assisté par ordinateur en passant par la recherche d'information, la représentation de connaissance ou encore le dialogue homme-machine et les sciences cognitives.

Assister une démarche de conception, c'est proposer un ensemble d'outils qui permettent à l'utilisateur-concepteur de progresser de manière cohérente de l'idée initiale à l'objet final. Cette progression n'étant pas linéaire ni prévisible, l'outil doit aider le concepteur à faire des choix, à les mémoriser et éventuellement à les remettre en cause. Ainsi toute conception possède un contexte que l'on peut caractériser de la manière suivante :

- Un objectif à atteindre représenté dans la plupart des cas par un objet à concevoir, plus ou moins précis dans sa définition initiale et dans le rôle qu'il doit jouer une fois réalisé,
- Une transformation progressive de l'objet en conception rythmée par un ensemble d'étapes, non forcément linéaire, que l'on nomme processus,
- Un ensemble d'activités réalisées à l'intérieur de ce processus : des activités de création, de recherche d'idées, de recherche d'informations, de modélisation, de représentation, de transformation, de sélection, de simulation, de calcul, de validation...
- Un ensemble de représentations de l'objet relatant son évolution, décrivant ses différents états,
- Un ensemble d'acteurs, si l'on considère la conception comme une activité collective. Une nouvelle activité est à considérer : la coordination.

Intégrer l'outil informatique dans ce contexte requiert une compréhension de celui-ci dans sa complexité et son intégralité. Cette compréhension n'est pas à la portée d'un seul homme, qui plus est informaticien, elle est nécessairement pluridisciplinaire et collective. La spécification et la proposition de modèle et d'outils d'assistance à la conception est alors un travail d'équipe où chacun, par ses compétences personnelles, apporte une pierre à l'édifice. Toute proposition doit ensuite s'inscrire, «s'implémenter», dans un domaine spécifique de conception par la mise en œuvre d'expérimentations dont l'analyse révélera la pertinence ou l'inadéquation de la proposition.

Dans toutes nos propositions, nous avons eu le souci de suivre cette démarche, en collaborant fortement avec des architectes, spécialistes de notre domaine d'application, mais aussi des psychologues pour la mise en œuvre d'expérimentations, et de nombreux autres chercheurs en informatique spécialistes reconnus dans un domaine précis non couvert par nos propres compétences.

III. Le domaine d'application : l'architecture

L'architecture est un domaine où la phase de conception a généré de nombreuses recherches et a suscité de nombreux débats. Tout d'abord, il demeure important de délimiter, dans la durée d'un projet

architectural, la place occupée par l'étape de conception. Dans le nord de l'Europe, elle se limite à l'émergence de l'idée jusqu'à la production de l'esquisse et s'accorde à la définition anglaise et américaine du mot «design». En France, il est communément admis que l'étape de conception couvre l'ensemble de la production des documents décrivant l'objet à réaliser. Elle commence à l'émergence de l'idée et se termine lorsque l'ensemble des plans et documents prescriptifs est défini et validé. Cette définition correspond aussi à celle utilisée dans l'industrie pour qualifier la conception de produits.

De nombreux travaux ont cherché à modéliser l'activité de conception architecturale à son stade initial afin de comprendre les mécanismes cognitifs mis en œuvre qui favorisent l'émergence de l'idée et la progression vers la solution. Nous retiendrons de ces travaux que l'activité de conception architecturale, que nous qualifierons d'initiale, possède un certain nombre d'étapes qui peuvent être énumérées et dont la dénomination s'apparente à celle identifiée dans toute activité de conception : recherche d'idées, formulation du problème, définition des solutions possibles, sélection des choix et validation.

A un stade plus avancé du projet, nous pouvons qualifier la conception de «technique» dans le sens où le parti du projet est déterminé et il reste alors à affiner les solutions techniques qui permettront de le réaliser. Cette conception est certainement plus collective et coopérative. Un certain nombre d'acteurs, de compétences différentes, y participent. Les activités liées à cette forme de conception sont : la production de plan, la prescription technique, le calcul, la simulation, la validation, le prototypage, la recherche d'information technique, l'échange d'information, la coordination.

A ce contexte, il convient d'ajouter le fait reconnu que la représentation imagière y occupe une place importante. L'image, dans ses formes les plus variées, est à la fois le support de l'imagination, de la réflexion, de la référence, de la représentation et de la communication.

Les modèles et outils informatiques proposés pour assister la conception ont souvent trouvé leurs limites dès qu'ils ont cherché à assister la conception architecturale, que ce soit au stade initial ou technique. En effet, la particularité de l'objet à construire et de son contexte de conception pose un certain nombre de problèmes informatiques qui sont encore au stade de projet de recherche. Parmi ces problèmes on citera : la modélisation imprécise voire floue au stade de l'esquisse, l'utilisation de la modélisation 3D dans la conception, la modélisation d'objets complexes en cours de conception, la prise en compte de contraintes hétérogènes, la recherche d'information par l'image, la représentation multi-vues d'un objet complexe, le partage de connaissances et de compétences, l'échange d'objets complexes dans un contexte multi-acteurs et multi-modèles, la coopération dans un réseau d'acteurs aux compétences variées...

Ainsi l'assistance à la conception architecturale offre un potentiel riche en applications pour de nombreux travaux de recherche en informatique d'actualité.

IV. Les thèmes abordés, plan du mémoire

Cette richesse en applications nous a tout d'abord conduit vers la modélisation d'objets complexes et la prise en compte de leur évolution dans un modèle informatique. Il s'agissait ici d'assister une conception technique de bâtiment en proposant un processus évoluant par raffinements successifs et application d'opérations de transformation de l'objet adaptées à un niveau de représentation proposé. Ce modèle d'objets évolutifs a été mis en œuvre dans un prototype de modélisation tridimensionnelle appliqué à un domaine particulier de conception de bâtiment.

La gestion de l'évolution d'un objet en cours de conception génère de nombreuses versions d'objet qu'il est difficile de mémoriser à la fois à court et long terme. Nous nous sommes intéressés à cette deuxième problématique en proposant d'utiliser le système EMIR, mettant en œuvre le modèle de recherche d'informations complexes de même nom, comme gestionnaire de la mémoire à court terme

de l'outil de conception d'objets évolutifs. Cette expérience a permis de faire évoluer le Meta-Modèle EMIR, tout en mesurant ses limites. Le chapitre 2 de ce mémoire relate ces deux expériences.

La gestion de l'information constitue un point critique du processus de conception. L'approche hypermédia, et plus particulièrement la navigation dans un espace informationnel, offrent au concepteur un moyen souple de recherche d'informations qui semble adapté à la démarche de conception. Face à ce constat, nous nous sommes intéressés à la conception hypermédia en proposant une méthode destinée à l'utilisateur-concepteur souhaitant organiser son domaine de compétences. Ce thème est celui qu'aborde le chapitre 3 en décrivant la méthode proposée et les expériences qui ont été menées.

En considérant la place importante qu'occupe l'image dans la conception architecturale et notre expérience dans la recherche d'images, il nous a semblé opportun de nous intéresser à l'utilisation de l'image dans l'assistance à la conception. Cette réflexion, que nous avons conduit en étroite collaboration avec Jean-Claude Bignon, a donné naissance au projet «ConceptImage». Ce projet regroupe un ensemble de problématiques où l'image est l'élément fédérateur. Parmi ces problématiques, on peut citer la recherche d'informations techniques par l'image, la veille technologique par l'image, la recherche de références par l'image, ... L'ensemble de ces problématiques qui ont fait l'objet de trois thèses, est présentée dans le chapitre 3.

Certaines activités de conception peuvent être collectives. L'évolution des réseaux, et plus précisément des applications Web, favorisent la mise en œuvre de nouveaux modèles de coordination par la proposition de plate-forme collaborative. La spécificité de l'activité de conception et les particularités de la conception architecturale engendrent un contexte de coopération particulier. Le chapitre 5 présente ce contexte ainsi que la solution que nous proposons au travers d'un méta-modèle de coopération et d'une visualisation contextuelle de celle-ci adaptée à la représentation imagière de l'architecte.

Enfin, comment aborder toutes ces problématiques sans étudier plus précisément le contexte d'une conception, qu'elle soit individuelle ou collective, ainsi que les démarches cognitives qui s'y réalisent. C'est ce nous avons tenté de faire dans le premier chapitre de ce mémoire.

Chapitre 1. La conception, de l'idée à l'objet en passant par le processus.

I. Introduction

La proposition d'outils et de méthodes pertinentes pour l'assistance à la conception ne peut être envisagée sans une étude du contexte de la conception déterminé par les mécanismes cognitifs et sociaux inhérents à l'acte et leur enchaînement sous forme de processus. Notre propos n'est pas d'effectuer une analyse approfondie des mécanismes mis en jeu par les acteurs lors d'une conception [Simon 1990], mais d'identifier des situations où l'outil informatique peut apporter une aide valorisant cette activité.

Nous présentons tout d'abord le contexte de la conception en général puis nous nous intéressons plus particulièrement à la conception architecturale, domaine que nous avons choisi pour expérimenter nos propositions. Cette étude met l'accent à la fois sur le caractère individuel mais aussi collectif de la conception où la coopération entre les acteurs joue un rôle prédominant.

Nous chercherons ensuite, par une analyse du contexte de la conception de logiciel, à mettre en évidence les similitudes et différences qui existent entre ce domaine et celui de la conception architecturale. L'objectif de cette comparaison est d'identifier quels sont les outils issus de la conception du logiciel qui peuvent être réutilisés ou adaptés à la conception architecturale.

Nous terminerons ce chapitre par un examen des fonctionnalités actuelles des outils d'assistance à la conception pour déterminer quel est le cadre fonctionnel de nos propositions.

II. La conception

L'acte de conception relie la connaissance à l'action, la création à l'invention [Prost 1995].

La réalisation d'un nouvel objet est soit le résultat d'une création, c'est alors l'œuvre d'un artiste, la concrétisation d'un talent ; soit celui d'une invention où un scientifique, utilisant sa connaissance dans un domaine, propose une évolution ; soit celui d'une conception où l'objet a été rationalisé par une personne ou une équipe de personnes.

La rationalisation présente dans la conception repose sur des pratiques, des modèles et des processus qui permettent à un individu ou à une équipe de proposer une réponse à un besoin identifié a priori. Elle fait appel à la connaissance, mais aussi à l'expérience de chacun des acteurs. La création et l'invention font partie de la conception. Elles représentent les éléments essentiels à l'innovation, qualité indispensable à tout projet, qui contribue à l'évolution des savoirs et des savoir-faire. La rationalisation de la conception ne doit pas être un frein à l'innovation, mais au contraire, elle doit contribuer à son développement en apportant des méthodes, des modèles et des outils adaptés.

H.A. Simon, créateur des sciences de la cognition [Newell and Simon 1972], a été un des premiers à parler de conception et à introduire "la science de la conception". Dans ses travaux, il propose d'assimiler la conception à une résolution de problème où l'espace des solutions est très vaste et où il n'existe pas d'algorithme permettant d'énumérer l'ensemble des solutions possibles. La démarche est heuristique. H.A. Simon introduit la notion de rationalité procédurale, par opposition à la rationalité substantive (déductive) [Simon 1992] ; c'est la qualité du processus mis en œuvre (raisonnement et argumentation) qui prédéterminera la qualité de la solution trouvée, plutôt que le caractère optimal de la solution. La solution est alors celle qui est jugée satisfaisante par les concepteurs au regard des critères qu'ils se sont fixés tout au long de leurs investigations.

Toutes les formes de conception, que ce soit celle d'un produit manufacturé (automobile, appareil électroménager,...), d'un bâtiment, d'un service, voire d'un logiciel, ont en commun la définition

(conception-réalisation) d'un objet, concret ou abstrait, avec une composante artistique plus ou moins importante, qui répond à un besoin identifié d'un futur utilisateur.

II.1. L'objet à concevoir

L'objet est au centre de la conception. Avant d'être réalisable, il doit être pensé, projeté, maquette. Son évolution rythme la conception, elle détermine son succès ou son échec.

II.1.2. La définition du besoin

L'objet à concevoir a un rôle à jouer, une fonction à remplir dans la réalité, le secteur ou le domaine dans lequel il va prendre place. Afin de définir ce rôle, cette fonction, un "cahier des charges" doit être établi. Ce cahier des charges définit l'ensemble des besoins des futurs utilisateurs, mais aussi l'ensemble des contraintes (financières, temps,...) présentes dans le contexte du projet de conception. Ce document circonscrit le champ d'actions des concepteurs et balise l'espace des solutions.

II.1.3. L'objet dans tous ces états

L'objet au départ est mental [Bonnardel and Rech 1997] puis au fur et à mesure de l'évolution du raisonnement, de la création, des choix, des alternatives appliquées, l'objet va prendre forme soit par un dessin (esquisse), soit par une description schématique ou encore textuelle. L'objet représenté a alors un statut dit intermédiaire [Jeantet, Tiger et al. 1996; Gregory, Blanco et al. 1997]. Il sera le support de confrontations avec les futurs utilisateurs, de réflexions du concepteur, de discussions avec les co-concepteurs. L'objet est dit conçu, c'est-à-dire prêt à être réalisé, lorsque la solution au problème posé par le cahier des charges est communément admise comme satisfaisante par tous les acteurs du projet de conception, futurs utilisateurs compris.

II.1.4. A la quête de l'objet

Le raisonnement le plus présent dans ce cheminement vers la solution est celui de l'analogie [Conan 1990] [Bonnardel and Rech 1997] [Borillo and Goulette 2002]. Le concepteur, par l'évocation de son expérience, de ses connaissances (du domaine ou générales), par la recherche d'idées, de problèmes ou de situations similaires, parcourt l'espace des solutions en effectuant des choix, des retours arrière, jusqu'à l'obtention de l'objet solution. Ce parcours peut être chaotique, libre, semé d'embûches, planifié, rationalisé, incrémental, effectué seul ou en équipe, couronné d'un succès ou stoppé par un échec. Tout au long de ce parcours l'objet est représenté et décrit, dans ses formes intermédiaires, suivant différents points de vue, par des modes de représentation communicables (texte, dessin, schéma) afin d'être perçu par les différents acteurs de la conception.

II.1.5. Objet et représentation

Les modes d'expression utilisés sont ceux connus par les acteurs du projet de conception. On parlera de formalisme, de langage ou encore de modèle. Il s'agit ici d'utiliser des modes de représentation qui facilitent la communication et qui permettent aux concepteurs de s'intéresser au contenu de la solution plutôt qu'à son écriture. Le terme de "modèles" est aussi utilisé pour nommer les différentes représentations de l'objet en cours de conception. Dans ce cas les formalismes utilisés pour décrire l'objet sont alors des "meta-modèles". Mais plutôt que de rentrer dans ce jeu de la "méta-tisation", nous préférons nommer l'objet représenté par le terme "représentation", le formalisme par le terme "modèle" et réserver le terme de "méta-modèle" pour le langage utilisé pour décrire le modèle (cf. Figure 1). Nous reviendrons sur le sujet de la meta-modélisation dans la description de nos travaux dans les chapitres suivants.

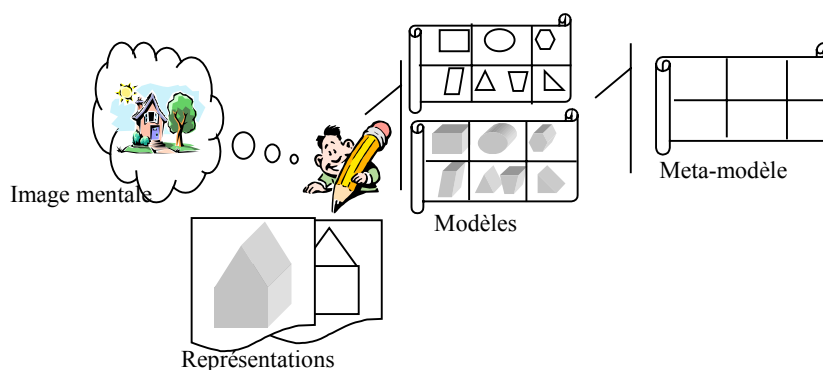


Figure 1 : De l'image mentale au meta-modèle

II.1.6. L'abstraction

Les modèles utilisés doivent permettre aux concepteurs d'évoluer à l'intérieur de l'espace des solutions en abordant la complexité de manière incrémentale. L'objet à concevoir doit pouvoir être décrit en respectant différents niveaux d'abstraction, du général au précis, du global au détail, du macroscopique au microscopique, du collectif à l'individuel (cf. figure 2). Les contraintes liées à la définition du problème sont prises en compte progressivement, d'étape en étape, d'un niveau d'abstraction à un autre. Dans la conception architecturale, c'est souvent l'échelle de représentation qui permet de structurer les niveaux d'abstractions. En conception de logiciel, c'est la notion de module liée à l'abstraction de données qui jouera ce rôle.

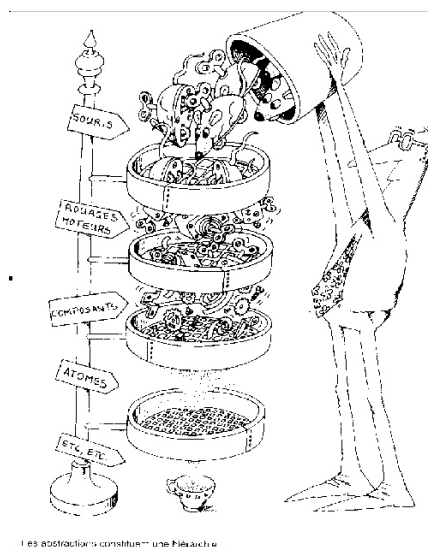


Figure 2 : les niveaux d'abstractions d'après G. Booch.

Chaque acteur de la conception possède son propre point de vue sur l'objet qui est conditionné par son domaine d'activité professionnel, par sa culture et sa sensibilité. Les niveaux d'abstraction perçus par chacun sont alors différents, les représentations et les modèles utilisés également (cf. figure 3).

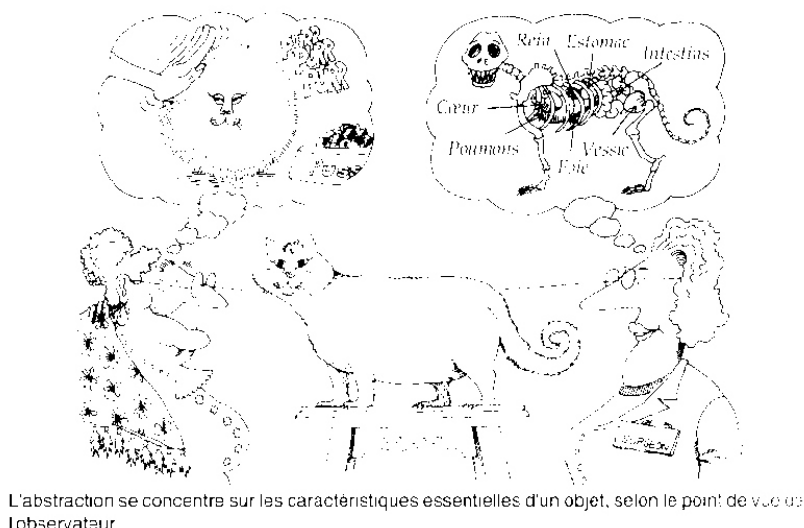


Figure 3 : Abstraction et point de vue d'après G. Booch.

Une meilleure gestion des évolutions de l'objet à concevoir ne peut être envisagée sans une compréhension des étapes qui guident toute conception, à savoir : le processus.

II.2. Le processus de conception

Le processus de conception peut être étudié à deux niveaux. Sur le plan cognitif, il s'agit de définir les activités et les mécanismes mis en œuvre par un concepteur en phase de conception. Sur le plan collectif, c'est la définition d'une organisation autour d'un projet, à l'intérieur d'une communauté industrielle ou scientifique, pour l'obtention d'un nouvel objet.

II.2.1. Processus cognitif de la conception

Nombreux sont les auteurs qui ont étudié, d'un point de vue cognitif, les activités de conception et leur enchaînement sous forme de processus [Borillo and Goulette 2002]. Ces travaux ont eu pour but originel l'enseignement de la conception sous la forme d'une méthode prédéfinie. Même si certains auteurs, notamment JC Jones et C. Alexander [Chupin 2002], ont fait machine arrière, en remettant en cause la pertinence de leur proposition face à l'inadéquation entre la création et une démarche guidée de la conception, ces travaux demeurent intéressants pour la description des mécanismes qu'ils préconisent de mettre en œuvre dans une démarche de conception.

JC Jones propose, dans ses recherches sur la modélisation du processus de conception, deux symbolisations [Chupin 2002]. Celle de la *boîte noire* où les mécanismes mis en œuvre par le cerveau humain lors d'une démarche de conception sont considérés comme inintelligibles et en conséquence non représentables par une suite finie d'étapes. Cette représentation assimile le concepteur à un magicien ; elle considère la création comme un phénomène mystérieux. La seconde symbolisation est celle qui considère le cerveau comme une *boîte de verre* ; il est alors possible de comprendre et d'énoncer les différentes activités mentales présentes lors d'une conception et de les modéliser. Cette dernière approche assimile le cerveau du concepteur à un système complexe. Nous sommes alors dans la science des systèmes plus classiquement appelée *systémique* [Lemoine 1999] [De Rosnay 1975].

L'étude d'un système complexe consiste à proposer un modèle qui, par simulation, produira les mêmes effets ou se comportera de la même manière que le système considéré. Par opposition à l'approche analytique, qui aborde un système par décomposition et par l'étude de la nature des interactions internes, l'approche systémique étudie les actions réalisées par le système et les effets de ces actions sur le système lui-même (rétroaction) [De Rosnay 1975].

Dans le cadre de cette approche systémique de la conception, H.A. Simon et A. Newell proposent [Newell and Simon 1972] dans leur modélisation sous la forme d'un système de symboles d'une entité (individu ou organisation) capable d'actions intelligentes, de décrire le processus de conception comme un processus de compréhension/résolution de problème construisant des représentations et effectuant des "computations"⁶ de symboles. Ils décrivent alors ce processus comme possédant trois phases : la phase d'intelligence, la phase de conception, la phase de sélection.

La phase d'intelligence est une phase de construction de représentations dont l'objectif est d'identifier et de décrire les besoins. Il s'agit de construire l'espace du problème posé par l'objet de la conception en identifiant et en représentant l'information pertinente. D'après W. Visser, «dès que le concepteur commence à construire une représentation des spécifications initiales de problème et qu'il entreprend leur analyse, il commence à spécifier une solution» [Visser 2002]. Le couple «problème-solution» est alors une composante du processus de conception indissociable.

La phase de recherche de solutions⁷ consiste à résoudre le problème posé dans la phase d'intelligence en réalisant des actions construisant et transformant les représentations de l'espace des solutions. Les actions possibles peuvent être connues a priori, elles sont alors définies dans le contexte d'une méthode à appliquer. Lorsqu'il n'existe pas de méthode prédéfinie, les actions à réaliser doivent être inventées par l'application heuristique de stratégies d'actions explorant plusieurs solutions possibles. C'est la manière de faire les choix des actions à effectuer qui introduit le style de la conception [Simon 1971].

Lors de la phase de sélection, les différentes alternatives construites dans la phase de conception sont comparées afin de choisir celle perçue comme satisfaisant le maximum de critères définis dans l'espace du problème. Cette étape peut consister, lorsque aucune solution satisfaisante n'a été trouvée, à mettre en œuvre une boucle de rétroaction à partir de la phase de conception en recherchant de nouvelles solutions, ou à partir de la phase d'intelligence afin de reconsidérer le problème par la prise en compte des nouvelles informations appréhendées lors de l'analyse des solutions.

A ces trois phases peut s'ajouter une phase d'apprentissage qui effectue une boucle de rétroaction à l'échelle des connaissances de l'individu (ou de l'organisation) par l'analyse de l'expérience vécue lors du déroulement du processus de conception. Ce retour d'expérience influencera sans aucun doute les prochaines phases d'intelligence des conceptions futures.

Nous rappelons que notre objectif n'est pas de simuler ces activités cognitives du processus de conception au sein d'un outil dit «intelligent» capable de concevoir, mais de proposer des outils d'assistance, voire d'aide à la décision, coopérant avec le concepteur tout au long du processus. Cette compréhension des activités cognitives est alors essentielle à la définition d'outils pertinents et adaptés. Pour soutenir notre propos, nous citerons un extrait de l'article de Nigel Cross [Cross 2002] :

«Quand il s'agit de développer des systèmes interactifs d'assistance au concepteur, la connaissance du comportement cognitif du concepteur humain est bien évidemment d'une importance fondamentale, car l'utilisateur du système interactif (c'est-à-dire le concepteur) doit pouvoir l'utiliser dans un environnement cognitif adéquat. Les systèmes doivent donc être conçus selon des modèles du comportement cognitif des utilisateurs du système.»

Ces études du processus de conception considèrent que le concepteur est seul face à son problème de conception. La conception d'un nouvel objet est souvent un travail collectif qu'il faut organiser et

⁶ Terme proposé par J.L. Lemoigne, dans Simon, H. A. (1990). *Sciences des systèmes, Sciences de l'artificiel*. Paris, Dunod., pour la traduction du terme anglais "computation" signifiant "calcul reposant sur des symboles non numériques".

⁷ En réalité, H.A. Simon appelle cette phase «conception » nous avons changé sa dénomination afin de ne pas introduire de la confusion dans notre discours.

orchestrer. Là aussi, l'étude des processus proposés pour cette organisation est alors essentielle à la définition d'outils pertinents.

II.2.2. Processus de la conception collective

La conception collective d'un objet, de type ouvrage ou produit, fait intervenir un ensemble d'acteurs aux métiers et compétences différents mais aussi complémentaires. Organiser cette activité, c'est privilégier la notion de projet à celle d'objet [Midler 1993]. Nous sommes alors dans le domaine de la gestion de projet dit «coopératif» ou «collaboratif» où l'objet à concevoir évolue au gré des échanges et interactions entre les acteurs du projet.

Les activités de gestion de projet sont relatives à la planification et la distribution des activités, à leur coordination et à leur contrôle. Chaque acteur a alors un rôle au sein du projet. C'est ce rôle qui détermine son champ d'actions relativement à ses compétences. A la différence des projets liés à la production d'un objet (sa réalisation) et afin de ne pas bloquer la création et donc l'innovation, les projets organisant la conception doivent préserver l'autonomie de chacun des acteurs tout en proposant une structuration intelligible de toutes les actions potentiellement réalisables [de Tersac and Maggi 1996]. L'activité collective de la conception est alors opportuniste [Visser 2002], chaque acteur agit relativement à la compréhension du projet qu'il possède.

a. Les modèles de coordination

Les modèles de coordination régissant la conception et ses processus peuvent être de plusieurs formes. Christophe Midler en identifie quatre [Midler 1996] :

- **Le modèle de l'entrepreneur**, où la conception est organisée autour d'une personne qui possède la connaissance du nouveau produit à réaliser. C'est sur cette personne que repose l'organisation sociale et économique du projet. C'est le modèle type des «start-up» qui a connu quelques succès mais aussi de nombreux échecs.
- **Le modèle de l'ingénierie** s'agence autour de trois acteurs principaux : le maître d'ouvrage, propriétaire de l'objet à concevoir qui définit les objectifs, le maître d'œuvre chargé de la conception, du découpage en lots des travaux et de la coordination de la réalisation, et les responsables de lot qui assurent la réalisation des tâches d'un lot. Ce modèle est celui utilisé dans les grands projets (militaires, spatiales, grands travaux). La coordination repose sur des méthodes de planification et de contrôle de coûts. L'organisation économique s'appuie sur des appels d'offre puis sur des contrats entre les acteurs. C'est cette forme de modèle de coordination qui domine actuellement dans le bâtiment. C. Midler remarque que ce type d'organisation a ouvert considérablement l'espace de la coopération en conception en permettant à des entreprises de contexte géographique et social différent de participer à un même projet de conception. Il met cependant en évidence les limites reconnues de ce type d'organisation :
 - La coupure Maître d'ouvrage/Maître d'œuvre : la division entre la définition des objectifs (le problème) et la construction de la solution est en désaccord avec toutes les études sur les activités de conception établissant que le couple problème/solution est indissociable au sein du processus de conception [Newell and Simon 1972; Visser 2002]. Cette division est à l'origine de nombreuses dérives dans le déroulement de projet, notamment dans le bâtiment.
 - La coordination par contrats : ce type d'organisation ne favorise pas la solidarité entre participants. Au contraire, l'énergie investit à la rédaction des contrats, qui deviennent de plus en plus complexes pour une meilleure protection de chacun des acteurs face à l'incertitude de toute conception, croît au détriment de celle engagée dans la résolution de l'objectif commun.
 - L'économie de la connaissance n'existe pas dans ce modèle. La connaissance collectée au cours du processus de conception n'est pas capitalisée pour les projets futurs. Chacun des participants exploite sa connaissance, son savoir-faire, mais ne les partage pas. Là encore, l'organisation par contrats ne favorise pas ce type d'échange, de partage.

- **Le modèle Taylorien de conception**, à l'opposé des deux modèles précédents, investit continuellement sur la production de connaissances sur l'activité pour la définition de nouveaux produits. Par son organisation fonctionnelle et la définition du rôle d'expert identifié pour chaque fonction et chargé de capitaliser la connaissance relative à sa fonction, le modèle Taylorien met en place une séparation entre l'expert prescripteur et l'exécutant de la prescription. Le découpage en métiers est réalisé à l'intérieur de l'entreprise et la coordination entre les métiers (fonctions) est hiérarchique. Ce modèle est celui de l'entreprise automobile des années 60 et va évoluer dans les années 70 avec l'apparition des chefs de projets chargés de la coordination entre les métiers. C. Midler, dans son livre sur la conception de la Twingo [Midler 1993], a énoncé un certain nombre de critiques sur les limites de ce modèle :
 - L'intégration de toutes les compétences métier au sein d'une même entreprise n'est plus d'actualité. L'espace géographique de la conception est maintenant planétaire.
 - La séparation conception/exécution place l'exécutant en position d'infériorité. Par manque d'implication dans le projet, sa compétence et ses connaissances technologiques ne sont utilisées que lors de l'exécution. Leur utilisation durant la conception permettrait sans aucun doute d'éviter certains problèmes de réalisation.
 - La séparation par fonction et leur enchaînement séquentiel dans le temps est très coûteux en temps et financièrement lors de la prise en compte de modifications identifiées en phase avancée du projet. Cette organisation est inadaptée à la définition d'un «compromis global performant de qualité» [Midler 1996].
- **Le modèle de l'ingénierie concourante** est apparu dans les années 80 pour combler les lacunes du modèle Taylorien. Il est caractérisé par les points suivants :
 - La définition plus confirmée du rôle de chef de projet (ou Directeur de projet) qui ne se limite plus à la coordination des expertises mais dont la responsabilité s'étend de la définition des objectifs jusqu'à l'exploitation du nouveau produit ou jusqu'à l'abandon du projet.
 - Une gestion de la coordination, non linéaire, basée sur la communication et la négociation entre les différentes expertises tout au long du processus de conception. Le point de vue de chacun des acteurs (prescripteur et exécutant) est pris en compte très tôt favorisant la définition de compromis globale. C. Midler introduit la notion de coordination «procédurale», par analogie avec la rationalité procédurale définie par H.A. Simon [Simon 1992], existant entre les experts rassemblés sur les «plateaux projet» pour définir les méthodes et moyens à utiliser pour la conception.
 - Une nouvelle forme de contractualisation, que C. Midler nomme «coordination substantive», reposant sur des objectifs de résultats avec une implication des fournisseurs extérieurs dès le début du projet. Le contrat fixe le cadre de la coopération par la définition des méthodes et de critères d'évaluation. L'idée principale du contrat est d'inciter chaque partenaire à faire remonter rapidement les problèmes qu'il identifie.

Ce dernier modèle de coordination de la coopération a fait ses preuves dans l'industrie automobile mais il n'est pas sans poser de problèmes quant à la réorganisation sociale de l'entreprise qu'il induit [Midler 1996] (rapport hiérarchique, gestion des carrières, évaluation de l'activité de conception, valorisation de la participation).

b. L'organisation sociale du projet de conception

L'étude de ces modes de coordination qui organisent les activités des différents acteurs au sein du processus de conception fait apparaître quelques éléments critiques du travail de groupe :

- La place de l'acteur dans le projet de conception : l'implication de chacun des acteurs varie relativement au rôle qu'il possède. Plus ce rôle est minimisé par les autres acteurs, plus l'implication sera faible. Toute discrimination entre les personnes impliquées dans un projet de conception engendrera des situations de conflits et d'incompréhension. L'organisation sociale du projet est essentielle. Plus elle est démocratique, plus elle favorise les échanges et meilleure est la coordination.

- La gestion de la connaissance : le partage de la connaissance, que ce soit sur le projet en cours ou sur les projets passés, est nécessaire à une meilleure compréhension de tous les acteurs du contexte du projet. Elle participe, elle aussi, à la démocratisation de l'organisation sociale du projet de conception.
- La gestion des échanges (interactions) entre les acteurs : l'implication d'un acteur dans un projet de conception peut se mesurer à la quantité des échanges qu'il a générés. La qualité et la cohérence de ces échanges participent à une meilleure qualité de la conception. Favoriser ces échanges, c'est apporter à chacun des acteurs une bonne vision du projet de telle sorte qu'il soit capable d'agir et d'interagir en bonne connaissance de cause. Là aussi, l'organisation sociale du projet ne doit pas freiner cette dynamique.

Sans s'aventurer dans une analyse sociologique des organisations [Lafayette 1996], il apparaît que la conception coopérative est régie par un certain nombre de règles d'ordre social, culturel ou imposées par le contexte du projet. Si ces règles ne semblent pas équitables à chacun des acteurs, elles freineront alors l'activité cognitive collective, c'est-à-dire la coordination : les échanges, les interactions.

c. L'activité cognitive collective

L'activité collective entre un ensemble d'acteurs génère des interactions dont le but principal est la synchronisation. Deux formes de synchronisation ont été mises en évidence par Pierre Falzon [Darses and Falzon 1996] :

- La synchronisation cognitive a pour objectif le partage de la connaissance sur l'état du projet (les données du problème, les hypothèses prises, l'évolution de la solution ...) mais aussi sur les domaines couverts par le projet (règles techniques, objets et méthodes utilisés, ...)
- La synchronisation opératoire vise à assurer : la répartition du travail à effectuer entre les acteurs du projet, la régulation du projet et la gestion des actions dans le temps relatif au projet.

Ces formes de synchronisation, et plus particulièrement la dernière, engendrent des activités de coordination qui peuvent être explicitées dès le début du projet (tâches, réunion, ...). On parle alors de «coordination explicite» ou générées au fur et à mesure de l'évolution du projet (mail, fax, discussion, ...) que nous qualifierons de «coordination implicite».

La répartition des formes de coordination, explicite ou implicite, dans une activité collective est liée à la nature de la coopération des différents acteurs de la conception [Darses and Falzon 1996; Visser 2002] :

- Co-conception : dans cette forme de coopération, les concepteurs partagent un but commun qu'ils cherchent à atteindre **conjointement** en mettant en œuvre leurs compétences propres. La coopération est dite «forte». La synchronisation cognitive occupe une place importante, la coordination implicite est alors plus présente.
- Conception distribuée : elle caractérise une conception collective où les tâches accomplies par les acteurs sont clairement définies et allouées préalablement. Chaque acteur cherche à atteindre un but (ou sous-but) tout en participant **simultanément** (et non conjointement) à la réalisation d'un but commun final connu de tous. La coopération est alors qualifiée de «faible». C'est la synchronisation opératoire qui domine en s'appuyant sur une coordination explicite.

Même si les activités du processus cognitif de la conception se retrouvent dans les activités réalisées par les concepteurs lors d'une coopération, elle prennent ici une dimension collective [Couix 1995]. Les connaissances, les expériences, les représentations, les décisions doivent être partagées et intelligibles pour chacun des acteurs ; toutes ces informations participent à baliser le champ d'action de chaque concepteur.

Dans ce contexte de la conception, qu'elle soit individuelle ou collective, la conception architecturale possède quelques caractéristiques qui la particularisent.

III. La conception architecturale

L'étude de la conception architecturale a été initiée par H.A. Simon [Simon 1990] et Ch. Alexander [Alexander 1971]. Le premier a montré qu'elle consistait en une recherche heuristique d'une solution non optimale (*satisficing*) ; le second tenta d'assimiler le processus de conception architectural à un processus scientifique par une formalisation utilisant la logique inductive. Ce dernier abandonna cette approche face à la difficulté de décrire certaines conceptions par son formalisme. Cette expérience montre que la partie créative présente dans une conception architecturale ne peut pas être produite ou analysée à l'aide d'une méthode et que le processus de conception n'est pas assimilable exclusivement à un processus de décision.

III.1. Idée guide et création

Une des particularités de la conception architecturale est la cohabitation d'une activité créatrice importante et d'une prise en compte, souvent avancée et évolutive, de contraintes. Le travail de l'architecte est alors une activité intellectuelle qui consiste à formuler une solution originale et innovante à une demande de bâtiment régie par un ensemble de contraintes variées. La solution est exprimée par une représentation du bâtiment à construire, c'est-à-dire «de quelque chose qui n'existe pas encore»[Scaletsky 2003]. Pour arriver à cette représentation, l'architecte traverse un processus complexe de création où l'étape préliminaire de récolte de données cohabite avec l'élaboration des idées guides. Ces idées guides agissent comme des balises du processus de création ; Philippe Boudon et al.[Boudon, Dehayes et al. 1994] les présentent de la manière suivante :

«Mais qu'entendre au juste par "idée" ? Ne doit-on pas déjà distinguer l'idée au singulier, qui soutient un édifice, une œuvre, des idées de l'architecte ? *Les idées* de l'architecte sont à comprendre comme des convictions générales, des croyances, des engagements de l'architecte ou, plus simplement, des opinions. Il s'agit aussi d'influences diverses, souvent culturelles, que recherche l'architecte lorsqu'il est en situation d'éveil, de réceptivité. L'architecte et plus largement tout concepteur se trouvent souvent en situation de recherche d'inspiration. *L'idée* est à comprendre différemment. Elle permet de mettre en rapport intellect et production matérielle : l'idée, quelque part, opère dans le travail de l'architecte.»

Les mécanismes cognitifs qui génèrent ces idées guides sont nombreux et pour la plupart indescriptibles. Les idées guides sont identifiables à leur émergence et participent à la définition du *concept* ou du *parti* qui définit les orientations à suivre dans la suite de la conception. Avec le dessin comme principal support de représentation, l'architecte va élaborer progressivement l'objet à construire.

III.2. L'objet à construire

Les objets à construire, les bâtiments, diffèrent des objets conçus dans l'industrie par un ensemble d'éléments distinctifs. Dominique Raynaud en identifie trois [Raynaud 2001]:

1. Les objets industriels sont produits en série, alors qu'un bâtiment est construit le plus souvent en un seul exemplaire,
2. Les objets industriels sont identifiés par une marque alors que les bâtiments sont identifiés par leur localisation,
3. Les objets industriels sont des meubles alors que les bâtiments sont des immeubles.

Ces éléments distinctifs donnent à la conception architecturale un statut particulier. Les méthodes d'ingénierie issues du monde industriel ne peuvent pas être reprises dans leur intégrité. Le statut d'immeuble de l'objet à construire, qui exprime le lien fort existant entre le bâtiment et le lieu où il sera construit, influence les méthodes utilisées dans la conception. L'objet ne peut pas être reproductible à l'identique, sa maintenance et son évolution sont alors différentes de celles d'un produit manufacturé. L'évolution d'un produit industriel prend en compte les remarques et besoins des usagers sur l'utilisation du produit de la génération précédente. L'évolution d'un bâtiment réside en sa

maintenance en fonction des dégradations et de l'évolution de son utilisation. Seuls les technologies et produits utilisés dans sa construction peuvent évoluer à la manière des produits industriels.

La prise en compte des caractéristiques du site de la construction constitue une des étapes initiales dans le processus de conception.

III.3. Processus de conception architecturale

L'étude du processus de conception architecturale et de sa modélisation, initiée par H.A. Simon, a été synthétisée par Michel Conan [Conan 1990] et demeure un sujet de recherche d'actualité [Al Hassan, Trum et al. 2002; Fernandez 2002]. Pierre Fernandez résume les différentes approches en s'appuyant sur les travaux synthétiques de Michel Conan. Il distingue les approches scientifiques qui cherchent à modéliser le processus, des approches artistiques qui mettent en avant la notion de «références» dans les procédures utilisées dans la conception. A ces approches, nous ajouterons l'approche législative proposée en France pour réguler les marchés publics de la construction : la loi MOP.

III.3.1. Les approches scientifiques

L'assimilation du processus de conception à un processus de résolution de problème a été l'élément fédérateur des premières approches de modélisation qui ont évolué par la prise en compte d'étapes intégrant des activités, comme l'intuition ou la conception d'une image. Parmi ces approches, nous pouvons citer en exemple :

- La programmation architecturale qui attache une place importante au travail de programmation associant le concepteur au maître d'ouvrage. Les étapes identifiées sont dans l'ordre chronologique : la programmation, l'élaboration sommaire, la programmation fine, l'élaboration finale où les phases de programmation sont celles qui clarifient l'énoncé du problème et où les phases d'élaboration sont celles qui décrivent la solution. La critique principale de cette approche est la séparation forte existant entre les étapes de programmation et d'élaboration qui ne favorise pas les retours en arrière dans la conception.
- L'architecture conceptuelle, fondée sur la théorie de l'invention de Henri Poincaré et résumée par J.C. Jones dans sa représentation de la «boîte noire», accorde une place à l'intuition préparée par un travail conscient de résolution de problème. Cette modélisation propose les étapes suivantes : identification du problème, formulation d'hypothèses, exploration consciente de l'ensemble des informations accumulées, incubation, application de filtres liés à l'esprit, invention et illumination qui réalisent une synthèse inconsciente des deux phases précédentes et enfin la vérification consciente du résultat de l'invention. Cette approche ne permet pas, d'après M. Conan, de comprendre tout le travail de mise au point existant dans un projet architectural après la première esquisse : les hésitations, les idées nouvelles, les nouveaux problèmes, le résultat des négociations, des compromis...
- La conception par apprentissage qui fait intervenir la culture de l'architecte, sa connaissance du monde, ses expériences et la construction d'une image qui joue le rôle de la réponse acceptable (*satisficing*). Le processus prend alors la forme suivante : identification du problème, conception d'une image, présentation de l'image, mise à l'épreuve de l'image, conception. La présence ici de l'image dans le processus d'apprentissage est importante, car c'est bien une des représentations essentielles que manipule l'architecte dans une pensée qui lui est assez spécifique : la pensée visuelle. L'image joue le rôle de l'hypothèse que l'architecte souhaite confronter aux contraintes du projet. Deux types d'informations sont alors présentes dans ce processus, celles qui stimulent la génération de l'image et celles qui permettent la mise à l'épreuve et l'étude critique de la proposition. Le processus d'apprentissage est alors à deux niveaux : au niveau de la conception, par la répétition du cycle liée à la production et à la mise à l'épreuve de la proposition imagée et au niveau de l'accumulation des expériences vécues par l'architecte.
- Dans le modèle d'analyse de problèmes, proposé par C. Alexander [Alexander 1971], il s'agit de construire un ensemble d'énoncés du problème qui permet, par induction, de découvrir les

formes qui satisferont au mieux les conditions d'adéquation au contexte de l'objet à concevoir. La structure de l'ensemble des énoncés et de leurs liaisons est représenté sous la forme d'un réseau de probabilités qu'il faut transformer en hiérarchie pour proposer une décomposition du problème en sous-problèmes. L'examen de chaque sous-problème permet au concepteur de définir des propriétés de la forme à concevoir. Ce modèle présuppose que l'objet final n'est que l'expression d'une logique fonctionnelle hiérarchique. C'est cette hypothèse qui a suscité de nombreuses critiques [Conan 1990].

L'étude des approches de modélisation du processus de conception architecturale met en évidence que les étapes de la conception énoncées par H.A. Simon (l'intelligence, la conception, la sélection et l'apprentissage) restent centrales avec quelques spécificités liées au domaine de l'architecture. La phase d'intelligence doit intégrer des éléments favorisant la génération de l'image de l'objet à bâtir. La conception repose avant tout sur la construction de représentations visuelles et la phase de sélection, quant à elle, consiste à proposer la ou les représentations au maître d'ouvrage. Le processus est alors une suite de cycles exploration/proposition (ou programmation/élaboration) qui doivent être suffisamment proches (voire menés de front) pour faciliter la prise en compte des évolutions où la place du maître d'ouvrage (client) et/ou du futur usager ne doit pas être négligée. Ce processus est **incrémental**, car la solution se précise au fur et à mesure que l'on progresse, et **itératif**, la progression est rythmée par un ensemble de cycles identiques.

III.3.2. L'utilisation des références

La partie créative inscrite dans le processus de conception repose sur une activité artistique constituée de procédures référentielles [Fernandez 2002]. Ces procédures utilisent des «références», éléments de connaissance de l'architecte, comme facteurs de différenciation esthétique qui intégreront le concept ou parti du projet.

Une référence architecturale (artistique ou technique) est le résultat d'une interprétation, réalisée par l'architecte, du monde qui l'entoure. L'évocation d'une référence est alors un transfert de connaissances qui peut être activé par cinq formes de procédures [Scaletsky 2003] présentes dans un processus de conception : heuristique, analogique, métaphorique, à base de type architectural, à base de cas.

Assister le processus de conception, c'est alors proposer des outils qui favorisent à la fois l'accumulation de références et l'activation de ces procédures référentielles.

III.3.4. La loi MOP

Toute opération de construction comporte trois phases : une phase de conception, une phase de réalisation (chantier) et une phase intermédiaire de consultation des entreprises. Le cadre législatif français, au travers de la loi MOP⁸, propose de réguler ce processus de conception/construction en étapes distinctes rythmant l'évolution du projet [Malcurat 2001]. La loi MOP définit précisément une dizaine de missions de maîtrise d'œuvre en fonction du type d'opérations (constructions neuves, réutilisation/réhabilitation, ...) :

- Études d'esquisse (EDE) : proposition d'une ou plusieurs solutions traduisant les éléments majeurs du programme ; indication des délais de réalisation ; vérification de la faisabilité de l'opération.
- Avant-projet sommaire (APS) : composition générale en plan et en volume ; appréciation des volumes intérieurs et de l'aspect extérieur de l'ouvrage ; proposition de dispositions techniques ; précision du calendrier de réalisation.

⁸ Loi sur la Maîtrise d'Ouvrage Public

- Avant-projet définitif (APD) : détermination des surfaces détaillées de tous les éléments de programme, plans, coupes et façades ; principe constructif, matériaux et installations techniques ; estimation définitive du coût prévisionnel des travaux en lots séparés.
- Études de projet (EDP) : spécifications des formes des différents éléments de la construction, la nature des matériaux et leur mise en œuvre ; coordination des informations nécessaires à l'organisation spatiale des ouvrages ; établissement du coût prévisionnel et du délai global des travaux.
- Assistance apportée au maître d'ouvrage pour la passation du ou des contrats de travaux (ACT) : préparation de la sélection des candidats et consultation des entreprises, analyse des offres et préparation des mises au point nécessaires à la passation des contrats de travaux.
- Etudes d'exécution (EEO) : établissement de tous les plans d'exécution ; spécifications à l'usage du chantier, réalisation des plans de synthèse, élaboration d'un devis quantitatif et d'un calendrier par lot ou corps d'état.
- Examen de la conformité au projet des études d'exécution (ECE) : vérification du respect des dispositions dressées par le maître d'œuvre dans les documents établis par l'entrepreneur.
- Direction de l'exécution du ou des contrats de travaux (DCT) : vérification de la conformité des divers documents d'exécution, l'établissement des ordres de service, procès-verbaux et constats contradictoires nécessaires à l'exécution.
- Ordonnancement, coordination et pilotage du chantier (OPC) : analyse des tâches élémentaires portant sur les études d'exécution, la détermination de leur enchaînement par des documents graphiques, l'harmonisation des actions des différents intervenants dans le temps et dans l'espace
- Assistance apportée au maître de l'ouvrage lors des opérations de réception ainsi que pendant la période de garantie de parfait achèvement (ARA) : organisation des opérations préalables à la réception ; examen des désordres signalés par le maître d'ouvrage ; constitution du dossier des ouvrages exécutés nécessaire à l'exploitation de l'ouvrage.

Cette évolution de la conception/construction est liée à un raffinement de l'échelle de représentation des documents graphiques. Les études d'esquisse se rendent du 1/500 au 1/200, les avant-projets sommaires du 1/200 au 1/100, les avant-projets définitifs du 1/100 au 1/50, le projet du 1/50 au 1/20. Le document graphique est sans aucun doute la forme de document la plus présente dans ce processus, mais elle ne peut être la seule compte tenu du contexte législatif et multi-acteur d'un projet.

III.4. Les représentations et les documents

La forme et la nature des documents qui représentent et décrivent l'objet à construire et son contexte sont nombreuses et variables suivant la phase du projet où l'on se situe (figure 4). Les documents contribuent avant tout à décrire l'objet à construire (esquisses, plans, schémas, programmes, estimations des coûts). Ils définissent le cadre de la coopération entre acteurs (contrats, devis, offres, notices, estimation, graphe PERT, compte rendu) et référencent les éléments normatifs et administratifs de la construction (permis de construire, normes, ...).

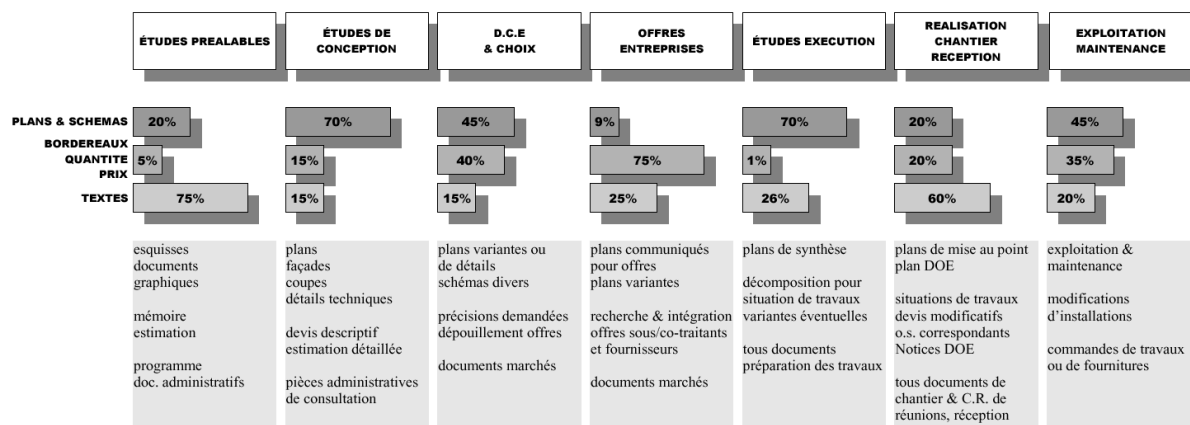


Figure 4 : La nature et la proportion des types de documents suivant les phases du projet
(extrait de [Malcurat 2001])

Tous ces documents participent aussi aux échanges opérés entre les acteurs de la conception (Figure 5). Les documents sont encore principalement échangés sous forme papier et par voie postale ou par fax. L'échange sous forme électronique progresse malgré le volume important de certains fichiers graphiques.

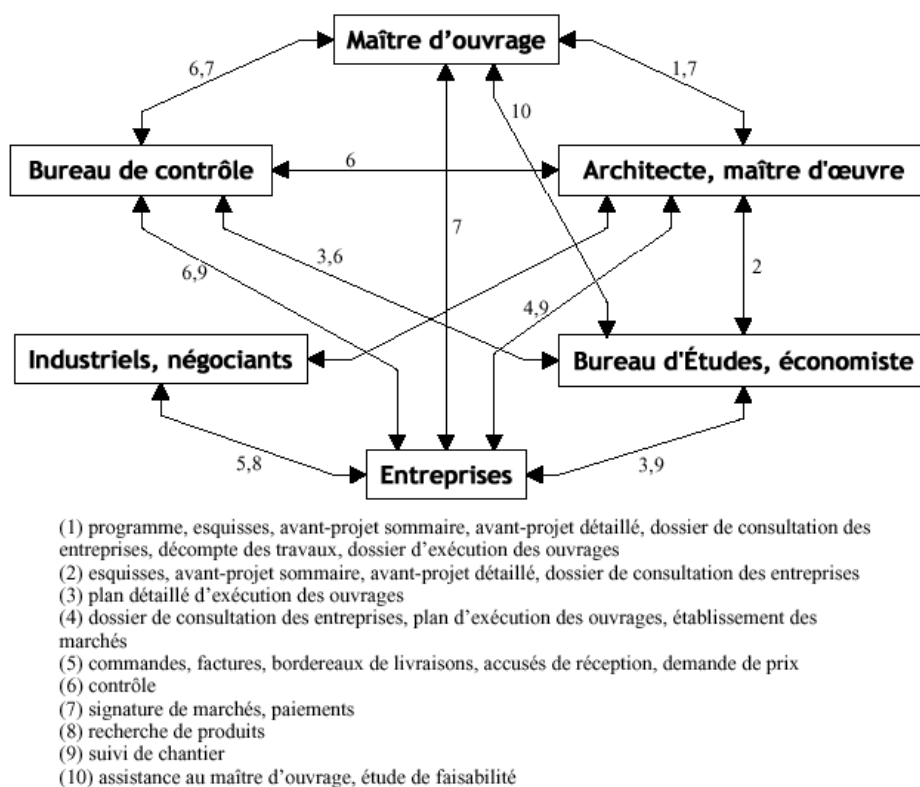


Figure 5 : Les échanges de documents entre acteurs de la conception
(extrait de [Malcurat 2001])

Ces échanges orchestrent la coordination entre les acteurs. Ils servent de support aux interactions présentes dans la coopération.

III.5. Les acteurs et la coopération

Le modèle de coordination présent dans les projets architecturaux est celui que C. Midler nomme «Modèle de l'ingénierie» [Midler 1996]. Tout projet possède trois familles d'acteurs ayant chacune une fonction spécifique [Malcurat 2001] :

- Le maître d'ouvrage (MOU) est la personne physique ou morale qui est généralement le futur propriétaire de l'ouvrage. La législation française distingue trois types de maîtres d'ouvrage : le maître d'ouvrage public (État, établissements publics, ...), maître d'ouvrage réglementé (EDF, SNCF, Aéroport de Paris, ...) et maître d'ouvrage privé (particuliers, promoteurs privés, ...). A chaque type de maîtrise d'ouvrage est associé des règles spécifiques de passation de contrat et d'exécution des travaux.
- Le maître d'œuvre (MOE) est la personne physique ou morale qui réalise l'ouvrage pour le compte du maître d'ouvrage et qui en assure la responsabilité globale. En règle générale, les maîtres d'œuvre sont les architectes, les bureaux d'études techniques (BET) et les économistes.
- L'équipe de réalisation est choisie par le maître d'ouvrage ou le maître d'œuvre. Elle a, par contrat, la responsabilité de la construction de l'ouvrage. On y trouve en général, les grandes entreprises de gros-œuvre, les entreprises de second œuvre et les artisans. Des coordinateurs SPS (Sécurité et Protection de la Santé) et une cellule OPC (Ordonnance/Pilotage/Coordination) peuvent parfois s'intégrer à cette équipe.

A cette équipe d'ingénierie peuvent participer deux autres catégories d'acteurs :

- Les bureaux de contrôle technique, dont la présence n'est pas obligatoire, ont des missions de contrôle (la stabilité des ouvrages et la sécurité des personnes). Leur intervention doit être réalisée en toute indépendance du maître d'ouvrage, du maître d'œuvre et des entreprises.
- Les acteurs décisionnaires sont des acteurs auxquels des accords doivent être demandés à des étapes précises pour poursuivre un projet : la mairie, qui délivre les permis de construire, l'architecte des Bâtiments de France, ...

Ce modèle de coordination accuse les mêmes limites que celles identifiées par C. Midler et décrites dans le II.2.3a à savoir :

- La coupure entre la maîtrise d'ouvrage et la maîtrise d'œuvre,
- La coordination par contrat qui ne favorise pas la dynamique de l'équipe,
- L'absence de l'économie de la connaissance.

Ces limites sont accentuées par le caractère «ouvert» de la coopération où les acteurs ne collaborent qu'une seule fois à l'occasion d'un projet. Chaque nouveau projet engendre la constitution d'une nouvelle équipe où l'architecte demeure l'acteur central.

III.6. Le rôle de l'architecte

Le rôle de l'architecte au sein du projet est à la fois complexe et varié. Il est avant tout le concepteur originel, celui qui énonce le «concept» ou le «parti» qui guidera le projet de conception. Il est aussi le mandataire de la maîtrise d'œuvre et c'est sans doute ce rôle qui est le moins évident à assumer. En effet, pour comprendre ce rôle, il faut rappeler le contexte de la coopération :

«La qualité architecturale n'est pas la qualité cumulée de toutes les disciplines associées à la conception ; ce qui compte est l'affirmation d'une intention globale et cohérente. Dans un secteur où chacun tend à limiter sa responsabilité et son intervention, l'architecte apparaît parfois comme le seul protagoniste désireux d'atteindre cet objectif.»

O. Malcurat dans [Malcurat 2001].

Ainsi, l'architecte doit prendre des décisions, arbitrer les conflits tout en respectant les contraintes du site et celles énoncées par son client, le maître d'ouvrage [Farel 1995]. Son rôle ne se résume pas à celui d'un négociateur à l'intérieur d'un réseau où tous les acteurs seraient à un niveau égalitaire face

à la conception [Raynaud 2001]. L'architecte possède bien le rôle central dans la conception. Il conçoit, synthétise, coordonne, négocie, modère afin de garder le cap fixé : faire émerger un projet cohérent.

IV. Le logiciel, un objet de conception ?

Un logiciel est un produit, il fait aussi l'objet d'une conception. Dans le cycle de vie du logiciel (cf. figure 6), l'étape de conception commence lorsque l'analyse, à savoir la compréhension du problème posé que l'on peut assimiler à l'étape d'intelligence, est terminée. Le rôle de cette étape de conception comprend à la fois la définition de la structure du logiciel, son **architecture**, mais aussi sa réalisation (implémentation) jusqu'à l'obtention d'une version livrable à l'utilisateur. C'est dans cette étape qu'ont lieu aussi le choix de la solution, l'étape de sélection, par confrontation des différentes solutions possibles. A la différence d'un produit manufacturé, l'étape de production est moins importante puisqu'elle se résume à de la duplication. Dans cette représentation du cycle de vie, l'étape de conceptualisation permet la construction de l'idée. Elle correspond à une étude d'opportunité sur la création du futur logiciel [Booch 1994].

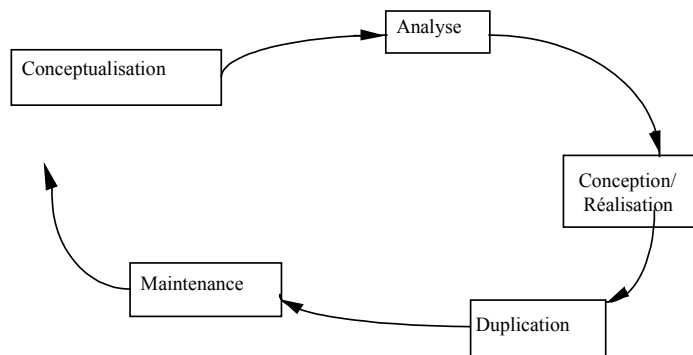


Figure 6 : Le cycle de vie du logiciel

IV.1. L'objet à concevoir

Le logiciel, tout comme un bâtiment, possède une architecture qui actuellement repose sur l'utilisation de composants. Cette architecture peut être construite à l'aide de patrons de conception proposant des organisations types de composants répondant à des besoins de conception préalablement identifiés. Ces patrons de conception, dont les premiers ont été proposés dans [Gamma, Helm et al. 1994], s'inspirent des travaux de l'architecte Christopher Alexander [Alexander, Ishikawa et al. 1977] sur la conception d'un bâtiment par la définition d'une sémantique à base de «motifs» (patterns) apportant une solution architecturale à un problème identifié. Les auteurs des patrons de conceptions pour le logiciel, ne vont pas aussi loin dans la démarche de conception. Ils ne proposent qu'un catalogue de solutions associées à un mode d'emploi expliquant quand et comment mettre en œuvre le patron.

Mis à part l'analogie sur l'architecture, un logiciel, à la différence d'un bâtiment, est un objet immatériel, sans consistance, qui ne vieillit pas. Il peut devenir obsolète, mais son aspect reste le même à travers le temps. Les problèmes posés lors de la conception ne sont pas de même nature. Dans la conception architecturale, la prise en compte du site et la créativité ont une place importante. La conception logicielle, quant à elle, doit proposer une solution qui, le plus souvent, doit être inter-opérable (indépendante du site c'est à dire du lieu d'exécution), modulaire (pour l'appréhension de la complexité) et à forte réutilisation (pour ne pas réinventer la roue). Même si ces derniers concepts existent et sont utilisés dans la conception architecturale, ils constituent un frein à la création et l'innovation puisqu'ils favorisent l'uniformisation.

IV.2. Le processus

Tout comme les dernières propositions sur la modélisation des processus de conceptions architecturaux, les derniers processus préconisés pour la conception de logiciel sont itératifs et incrémentaux (cf. figure 7) avec un rôle important donné aux futurs utilisateurs du système [Jacobson, Booch et al. 1999; Kruchten 2000]. Le caractère incrémental du processus est obtenu par les versions exécutables successives du logiciel, intégrant progressivement les dernières fonctions réalisées. Ainsi le logiciel passe de l'état de **maquette** à l'état de prototype puis de système. Les cycles analyse/conception/implémentation permettent de progresser dans la conception du logiciel en intégrant régulièrement de nouvelles fonctionnalités que l'utilisateur peut valider au fur et à mesure des versions qui lui sont proposées.

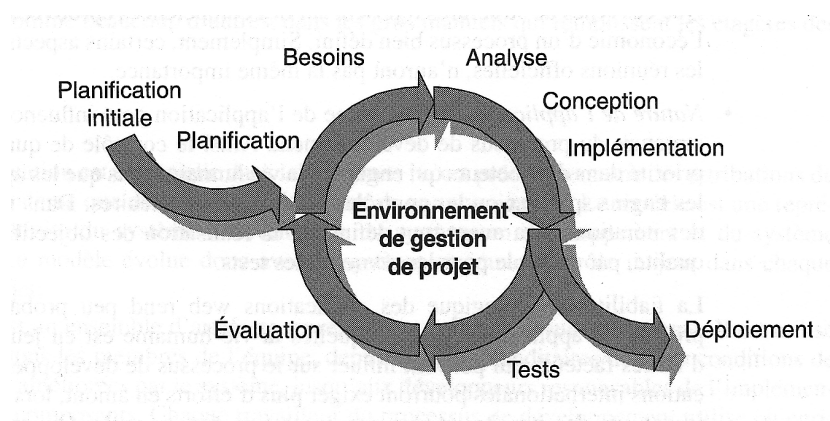


Figure 7 : Le processus itératif de la conception du logiciel (extrait de [Kruchten 2000])

L'avantage certain de la conception logicielle par rapport à la conception architecturale est la proximité existant entre la conception et la réalisation. Ainsi l'objet à concevoir (le logiciel) prend forme rapidement. Il peut être «montrable» à l'utilisateur sous une apparence proche de celle qu'il aura en fin de conception. Ceci n'était pas vrai avec les anciennes méthodes de conception de logiciel qui préconisaient un cycle de développement en V (cf. figure 8) et où le logiciel était assemblé à la fin du processus.

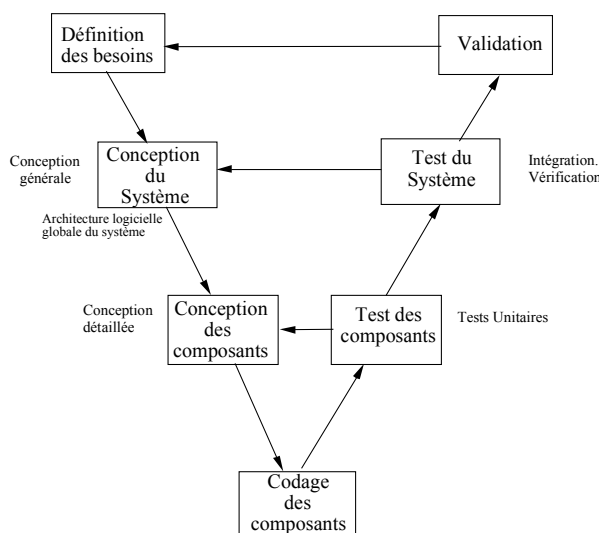


Figure 8 : Le processus en V de la conception du logiciel

Cette évolution de la conception du logicielle est celle vers laquelle cherche à tendre la conception architecturale assistée par ordinateur. En effet, les méthodes et outils d'assistance à la conception essayent d'apporter à l'architecte les moyens de construire rapidement une visualisation du projet

architectural la plus proche possible de ce qu'il sera une fois réalisé. Cette visualisation du projet passe par la création d'images ou de scènes en trois dimensions illustrant une partie des éléments du projet. L'objectif de cette visualisation est de pouvoir interagir avec le maître d'ouvrage et les futurs usagers afin de mieux prendre en compte leurs besoins. Ces outils de modélisation sont essentiellement utilisés dans la phase de sélection de solutions et très rarement dans les phases amonts, car la modélisation 3D qu'ils proposent demeure inadaptée à la démarche heuristique de construction de solutions.

IV.3. Les modèles et les représentations

Le logiciel est une réponse à un problème complexe qu'il faut appréhender de manière incrémentale pour déterminer une solution satisfaisante. L'informaticien, tout comme l'architecte, va gérer un ensemble de contraintes d'origines diverses (interface, sécurité, lié au domaine,...) qu'il devra représenter et prendre en compte dans la proposition de sa solution. La prise en compte de ces contraintes et la construction de la solution reposent sur l'utilisation de modèles. Ces modèles permettent d'aborder la conception du logiciel suivant les trois grands aspects fondamentaux qui caractérisent un programme informatique : l'aspect structurel (le quoi, les données), l'aspect fonctionnel (le comment, les fonctions) et l'aspect dynamique (le quand, les événements) (cf. figure 9). A ces modèles sont associées des méthodes qui, suivant le contexte d'utilisation du programme, mettent l'accent sur un ou plusieurs de ces aspects.

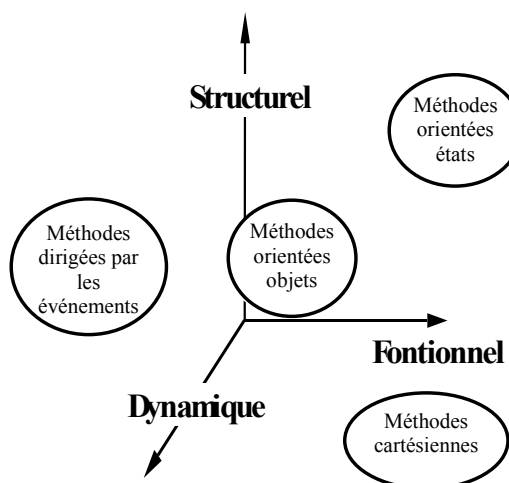


Figure 9 : Les axes (aspects) de la conception du logiciel, positionnement des méthodes

Les méthodes orientées objets sont les dernières méthodes qui proposent un ensemble d'outils pour décrire les trois aspects. Cependant, on remarquera que leur principal apport a été de relier l'aspect fonctionnel à l'aspect structurel par le concept d'objet, mais, même s'il existe des outils pour décrire la dynamique (diagramme d'état), ceux-ci ne sont pas réellement intégrés aux outils décrivant les deux autres aspects. Cette caractéristique fait qu'il demeure difficile de décrire l'évolution comportementale d'un objet ; nous reviendrons sur ce problème dans le chapitre 2 de ce mémoire.

Même si les outils mathématiques demeurent les plus rigoureux dans la description des contraintes et de la solution, une des grandes avancées de ces méthodes est la proposition de modèles graphiques. Ces modèles graphiques permettent, à la manière des plans de l'architecte, une visualisation de la solution. Ils améliorent la communication entre les membres de l'équipe de conception.

IV.4. Les acteurs et la coopération

La complexité des logiciels réalisés n'a pas cessé de croître ces dernières années. Le nombre d'acteurs participant à un projet de conception informatique a augmenté lui aussi. Cette augmentation a été caractérisée par une diversification des expertises (cf. figure 10). A chacune des expertises est associée une vue du système représentée, dans la majorité des cas, sous une forme graphique. Une méthode de conception pertinente est celle qui propose un modèle du logiciel à réaliser qui intègre

toute la sémantique de ces vues. Une telle méthode n'existe pas encore. La coopération entre tous les acteurs est plus que nécessaire à la gestion de cette cohérence entre les vues.

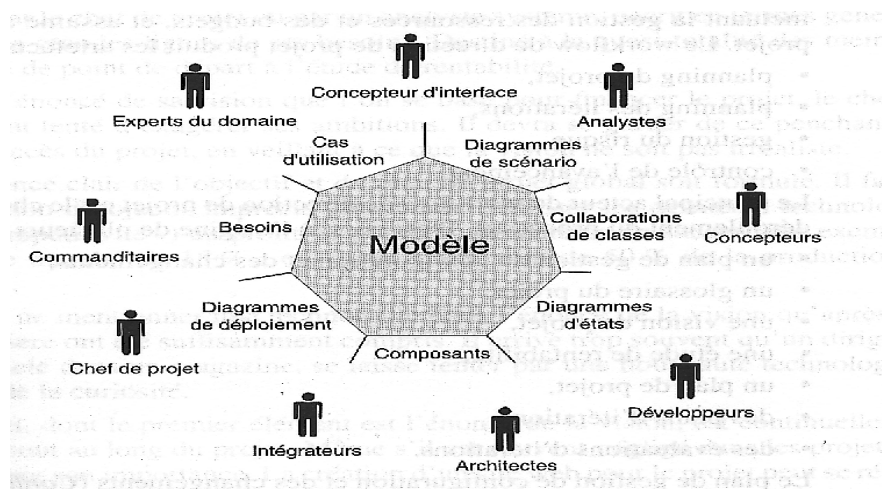


Figure 10 : Les vues du modèle et les acteurs de la conception du logiciel
(extrait de [Conallen 2000])

Le modèle de coordination le plus présent dans les projets informatiques est celui que C. Midler nomme «Modèle de l'ingénierie concourante» [Midler 1996] où le rôle du chef de projet est primordial⁹. La communication entre les acteurs est importante et les outils dédiés à la coopération se multiplient. Ainsi, les ateliers de génie logiciel (AGL) qui ont pour fonction principale de gérer le modèle du programme à réaliser s'ouvrent aux étapes en aval de la conception, soit en intégrant des outils de programmation et de test, soit en communiquant avec ces outils. Ce sont également les outils de développement de programme qui proposent de nouvelles fonctions permettant la visualisation du modèle du programme en cours de réalisation. Cette évolution des outils passe aussi par une prise en compte de l'activité collective : gestion des échanges, intégration des vues des différents acteurs, gestion des versions ou de configuration. Il fait aucun doute que le cadre du génie logiciel est propice à une évolution des outils d'aide à la conception collective de programme informatique et que cette dynamique profite aux autres domaines de la conception.

IV.5. Conclusion

Le logiciel est bien un objet de conception. Le côté artistique et intuitif présent dans une conception architecturale occupe une place moins importante dans la conception de logiciel. Seules certaines formes de conception de logiciel comme la conception d'hypermédia sur Cd-rom ou sur le Web peuvent solliciter une activité créative et artistique importante. La représentation graphique, fortement présente dans la conception architecturale, devient un élément essentiel de la conception de logiciel. Les AGL reposent sur des modèles graphiques (UML par exemple) proposant un ensemble de vues du futur logiciel. Un des problèmes inhérents à ces modèles est la gestion de l'intégration et de la cohérence de toutes ces représentations. Là où les outils de CAO proposent une vision par couches superposables (layer) des différentes vues d'un objet architectural, les AGL n'offrent pas d'équivalent dans la visualisation globale et synthétique d'un logiciel. Mise à part cette différence dans les formes de représentations, il est intéressant de remarquer qu'il existe un certain nombre d'analogies dans les deux formes de conception (modèle de coordination, processus incrémental, variété des acteurs, l'approche multi-vue, ...). Ces analogies, qui existent certainement avec d'autres formes de conception, nous permettent de supposer que la proposition de méthodes et d'outils d'assistance dans un domaine de conception particulier peut contribuer à faire évoluer ceux existant dans un autre domaine.

⁹ Le modèle de l'entrepreneur est aussi présent, mais comme il ne repose que sur une personne qui décide de tout, la coopération est en général très pauvre et dépendante du bon vouloir de l'entrepreneur.

VI. La place de l'outil informatique dans la conception

L'outil informatique occupe une place de plus en plus importante dans la conception qu'elle soit architecturale ou informatique. Pour en mesurer ses apports nous allons essayer d'identifier les fonctionnalités proposées et leur implication dans l'activité de conception.

VI.1. Les outils d'aide à la conception

Les outils d'aide à la conception sont nombreux. Tout secteur d'activité produisant de nouveaux objets en faisant appel à des connaissances, des savoir-faire partagés, s'est vu commercialiser un ou plusieurs outils d'aide à la conception. Ces outils souvent appelés "outil de CAO" (Conception Assistée par Ordinateur) couvrent de nombreux domaines comme l'architecture, l'électronique, la mécanique et la chimie. Ces outils orientés représentation graphique (2D ou 3D) sont considérés comme outil de DAO (Dessin assisté par ordinateur) lorsque le modèle de conception pris en compte est faible voire inexistant. D'autres domaines où la représentation de l'objet à concevoir n'est pas uniquement graphique mais repose sur plusieurs formes de représentation possèdent eux aussi leurs outils : l'informatique et les ateliers de génie logiciel en sont un exemple.

Outiller la conception, c'est alors proposer des systèmes qui aident les concepteurs à construire des représentations de l'objet à concevoir. Ces outils, que nous appellerons outils d'aide (ou d'assistance) à la conception, offrent un ensemble de fonctions de construction de l'objet à concevoir, qui après un apprentissage plus ou moins long, ont pour objectif de faciliter le travail de conception voire de l'améliorer. La pertinence de l'utilisation de ce genre d'outil par les concepteurs n'existe que si les fonctions proposées ne freinent pas les activités de la conception, c'est-à-dire la création et le cheminement dans l'espace des solutions. Les fonctions, qu'un bon outil d'aide à la conception doit proposer, doivent être "intuitives", d'un apprentissage limité voire nul, et ne pas montrer d'autres limitations que celles imposées par le modèle de représentation.

Les fonctions principales de ces outils sont celles qui permettent l'édition des représentations de l'objet, mais elles sont souvent accompagnées d'autres fonctions transversales et complémentaires utiles au travail de conception ; toutes ces fonctions peuvent être répertoriées en un certain nombre de catégories :

1. Les fonctions d'édition et de manipulation de l'objet : elles sont dépendantes du modèle de représentation utilisé, et permettent à l'utilisateur de représenter et de manipuler l'objet tout en respectant le modèle de représentation.
2. Les fonctions de paramétrisation ou de définition des contraintes de conception : elles permettent la collecte des contraintes connues (présentes dans le cahier des charges) que les concepteurs doivent respecter. Leur prise en compte est aussi dépendante du modèle de représentation utilisé.
3. Les fonctions de gestion des niveaux d'abstraction : elles permettent la définition de vues, la focalisation sur certaines propriétés de l'objet, le masquage de propriétés, le parcours de l'objet et sa présentation à l'utilisateur.
4. Les fonctions de rétrospection : ces fonctions de recherche permettent de trouver une information soit dans l'objet en cours de conception, soit dans une mémoire à court terme de la conception courante, soit dans une mémoire à plus long terme des conceptions précédentes.
5. Les fonctions d'intégration : elles ouvrent l'outil vers l'extérieur en lui offrant la possibilité d'intégrer d'autres formes d'objets construits par d'autres outils de conception dans l'objet en cours de conception.
6. Les fonctions de gestion des évolutions : elles offrent la possibilité de gérer différentes versions de l'objet représenté, les différents chemins parcourus dans l'espace des solutions,
7. Les fonctions de coopération : elles permettent la communication, la coordination, l'échange et le partage d'informations au sein du groupe des concepteurs.
8. Les fonctions d'assistance et d'aide : elles décrivent les autres fonctions. Elles peuvent être contextuelles ou sous la forme d'un document hypertextuel.

Les outils actuels d'aide à la conception proposent en général les fonctions d'édition (1) et les fonctions de paramétrisation (2). Les fonctions de gestion de niveaux d'abstractions (3) sont partiellement présentes. Les fonctions de rétrospection (4) sont présentes dans leur version à court terme associées le plus souvent à des modes de formulation des besoins assez pauvres. L'existence de fonctions d'intégration (5) est dépendante du degré d'ouverture du modèle utilisé et des normes d'échanges existant dans le domaine de la conception couvert par l'outil. Quant aux fonctions de gestion des évolutions et de coopérations (6 et 7), elles en sont à leur balbutiement et sont souvent prises en compte par d'autres outils, mais rarement par l'outil d'aide à la conception lui-même. Les fonctions d'assistance (8) sont de plus en plus riches sur le plan fonctionnel, l'intégration des technologies du web étendant fortement leurs possibilités.

VI.2. Exemple d'outil d'aide à la conception

Prenons comme exemple un outil de conception qui est certainement le plus utilisé par les détenteurs d'ordinateurs : le logiciel de traitement de texte¹⁰. Rédiger un document est une activité de conception et le traitement de texte est l'outil actuel qui guide et oriente cette conception¹¹. L'évolution de ces outils est assez représentative des évolutions actuelles des outils d'aide à la conception. Ils font référence à un modèle de document et proposent à l'utilisateur des représentations visuelles du document de plus en plus proche de la forme "papier" finale¹². Même si l'utilisation de ces outils n'a pas fait baisser la consommation de papier, l'aspect général des documents papier a fortement gagné en qualité et leur construction est devenue accessible à un public beaucoup plus large.

Les fonctions proposées par les traitements de texte peuvent être présentées suivant les huit catégories identifiées précédemment :

1. Les fonctions d'édition et de manipulation sont celles qui permettent la saisie et la mise en forme du texte, et plus globalement la construction du document en respectant le modèle du document communément admis : style, paragraphe, page, section. Elles permettent aussi la sélection, la copie et le déplacement de morceaux de texte.
2. Les fonctions de paramétrisation sont relatives le plus souvent à la forme du document plutôt qu'à son contenu. Elles permettent la définition des propriétés des éléments du modèle de document (style, paragraphe, page, section). Les fonctions correctives (orthographe, grammaire) font partie de cette catégorie de fonctions, car elles vérifient la syntaxe du contenu du document en choisissant une langue. La définition de contraintes sur le contenu n'est pas présente, car la modélisation du contenu d'un document, c'est-à-dire du sens, demeure un problème complexe étudié encore par une communauté de chercheurs assez importante.
3. Les fonctions de gestion des niveaux d'abstractions sont présentes dans les différentes possibilités d'affichage du document : en continu, par page, mode plan .. et aussi par les fonctions de zoom qui permettent un affichage allant du document dans sa totalité jusqu'à l'affichage d'un détail dans un paragraphe. Ses fonctions sont essentiellement attachées à la forme. Toutefois des fonctions proposant des synthèses et résumés du document commencent à apparaître.

¹⁰ Même s'il n'existe pas qu'un seul logiciel de traitement de texte sur le marché du logiciel, ceux qui existent fonctionnent majoritairement de la même manière, soit par consensus sur ce que doit être un traitement de texte, soit par la domination commerciale d'un fabricant.

¹¹ Nous ne parlerons pas ici des logiciels dit de PAO (Publication Assistée par Ordinateur) plus orientés vers l'édition, même si l'on peut remarquer que les fonctions des logiciels de traitement de texte intègrent de plus en plus de fonctions des logiciels de PAO et réciproquement, ce qui nous amène à penser que, dans un avenir assez proche, ces deux types d'outils auront fusionné.

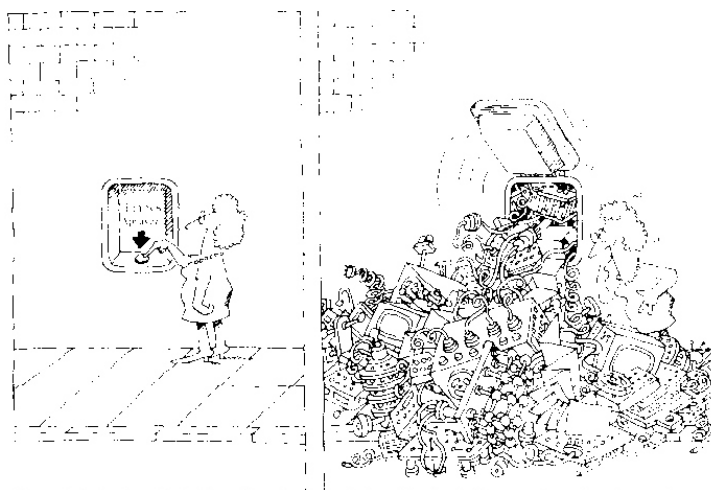
¹² Cette évolution est fondamentale. Ceux qui ont connu les premiers logiciels de traitement de texte sous DOS ou Unix, où seule la ligne était manipulable et où il fallait intégrer les commandes de mise en forme à l'intérieur du texte (comme on peut le faire actuellement avec un document HTML manipulé avec un éditeur de texte), seront d'accord avec nous. La vision WYSIWYG du document offre un confort rédactionnel dont on ne peut plus se passer. Seuls quelques réfractaires à cette évolution se plaisent encore à rédiger un texte à la manière d'un programme, c'est-à-dire en insérant des commandes au fur et mesure qu'il conçoit leur document. Cette activité comble-t-elle un besoin de programmation ou un besoin de contrôle optimum du résultat escompté ?

4. Les fonctions de rétrospection offrent à l'utilisateur la possibilité de retrouver un ensemble de mots dans le document courant. La formulation est simple (liste de mots), et commence à utiliser les éléments de mise en forme (style, paragraphe). Ces fonctions commencent à s'étendre vers la mémoire à plus long terme en proposant une recherche sur des documents déjà conçus, soit par une recherche de mots dans leur contenu, soit en utilisant des propriétés définies par l'utilisateur et attachées au document (titre, mot-clé, résumé,...). Il n'existe pas encore de recherche utilisant le sens des mots ou utilisant d'autres supports que le texte, comme l'image ou le dessin, provenant d'autres outils et intégré dans le texte.
5. Les fonctions d'intégration se développent fortement. Un document peut contenir de nombreuses formes d'objets provenant d'outils divers et variés : tableau de calcul, image, dessin bitmap ou vectoriel. Ces fonctions en pleine évolution restent très dépendantes des plates-formes utilisées et de l'interopérabilité des logiciels.
6. La gestion des évolutions est une fonction qui commence à apparaître dans les traitements de textes par la présence d'un historique des modifications et d'un embryonnaire gestionnaire de version. Ces fonctions, reposant essentiellement sur une manipulation de fichiers, demeurent méconnues du grand public et sont par conséquent rarement utilisées.
7. La gestion de la coopération entre acteurs fait son apparition par la présence de fonctions dédiées à la coordination : protection de partie de document, annotation (gestion de commentaires), fusion de document, le tout associé à une prise en compte partielle de la notion d'utilisateur (nom, mot de passe). L'échange d'informations entre acteurs est possible par l'utilisation d'outils annexes : gestionnaire d'email, de fax.. L'utilisation de ces fonctions nécessite que tous les membres du groupe utilisent le même outil, et plus globalement, la définition de règles de coopération entre acteurs que l'outil ne propose pas. Ces règles qui régissent la coopération doivent être, au sein d'un groupe de quelques personnes, implicites et suggérées par l'outil. Elles nécessitent une vision du groupe que l'outil ne propose pas. Comme la catégorie précédente (6), ces fonctions méconnues, d'un public non averti demeurent très peu utilisées.
8. Les fonctions d'assurances ont beaucoup évolué : aide contextuelle, présence d'un personnage qui conseille en fonction des actions effectuées, développement d'assistant, proposition de documents types (modèles), document d'aide hypertextuelle, accès à des sites web. Cette prolifération des fonctions d'aide est-elle une réelle évolution ou au contraire la mise en évidence d'une complexification des fonctions impliquant un apprentissage toujours plus difficile de la part de l'utilisateur ?

L'étude de cet exemple montre quel est l'état actuel des fonctions d'un outil d'aide à la conception. Elle met également en évidence aussi les évolutions attendues, comme par exemple :

- la prise en compte du sens de l'objet (rôle, besoins) dans les fonctions de paramétrisation, de rétrospection et de gestion des niveaux d'abstraction,
- une gestion des évolutions et des versions plus accessible aux utilisateurs non initiés,
- une prise en compte du travail de groupe plus intégrée, plus simple et plus intuitive.

L'accessibilité et l'adaptabilité à un public non forcément averti est un objectif fondamental à toute évolution de ces fonctions. Pourtant, nombreux sont les fabricants de logiciels qui, par contraintes commerciales et boursières, proposent régulièrement des versions de leur produit intégrant de nouvelles fonctions qui sont souvent mal étudiées (faute de temps), inadaptées et donc peu utilisées. Ces nouvelles fonctions ne font que surcharger l'interface de l'application et positionnent l'utilisateur dans une situation peu confortable. En effet, il se trouve face à une complexité qu'il ne peut pas gérer. L'utilisateur doit pouvoir adapter progressivement l'outil à son besoin, le découvrir au fur et à mesure de ses besoins. La complexité des fonctions doit être masquée à l'utilisateur (cf. figure 11) ; une fonction qui semble complexe est une fonction qui a de fortes chances d'être utilisée incorrectement, voire de ne jamais être utilisée.



La tâche de l'équipe de développement de logiciel est de donner l'illusion de la simplicité

Figure 11 : Le masquage de la complexité d'après G. Booch.

VII. Conclusion

Nous avons tenté dans ce chapitre de préciser quel était le contexte général de la conception et plus particulièrement celui de la conception architecturale. Ce contexte a été abordé, du fait de sa complexité, suivant plusieurs aspects : l'objet de la conception, les activités (processus), les acteurs, la coordination, ... La présentation comparative de la conception architecturale avec celle du logiciel, nous a permis d'illustrer une autre forme de conception en cherchant à mettre en avant les similarités de chacun des contextes.

L'outil informatique possède une place dans ce contexte. Cette place se détermine par l'adéquation des fonctions qu'il propose avec les besoins des acteurs de la conception et par leur adaptabilité aux différentes étapes de la conception.

Les propositions que nous formulons dans les chapitres suivants tiennent compte de ce contexte. Elles se présentent sous la forme de modèles et d'outils intervenant à des moments précis de la conception. Elles ont pour objectif d'assister le concepteur dans sa démarche de conception en lui facilitant la progression dans l'espace des solutions, en lui permettant de trouver et de structurer l'information relative à ses besoins et en favorisant la coopération avec les autres acteurs de la conception.

Chapitre 2. Les objets en cours de conception : des objets complexes

I. Introduction

L'objet en cours de conception évolue d'un statut initial, représenté par l'idée plus ou moins imagée que s'en font les concepteurs, au statut final, dit «conçu», lorsque sa ou ses représentations sont celles qui guideront sa réalisation. L'objet, lors de cette évolution, a alors un statut dit «intermédiaire». Il représente l'état d'une réflexion, d'une résolution de problème ; il est une réponse à un ou plusieurs cheminements dans l'espace des solutions. Il ne possède pas forcément une seule représentation, mais plusieurs qui peuvent être graphiques, numériques, textuelles ... Ces représentations déterminent des vues en cours d'évolution de l'objet, elles respectent un sous-ensemble des contraintes identifiées jusqu'à ce stade de la conception. L'évolution de ces vues descriptives de l'objet intermédiaire, les versions successives, représentent la trace du cheminement, de la réflexion indispensable à la remise en cause éventuelle des choix effectués.

La structure de l'objet et les contraintes à respecter évoluent au fur et à mesure que la conception progresse. La prise en compte de cette évolution dans les outils informatiques d'aide à la conception nécessite la définition de modèles de données permettant la description de la dynamique non prévisible de l'objet et des contraintes régissant sa définition. Le rôle de l'outil est d'offrir au concepteur les moyens de construire son objet de manière progressive, c'est-à-dire :

- Par une prise en compte incrémentale de la complexité de l'objet. L'outil doit permettre au concepteur de cheminer vers une solution en avançant à travers des niveaux d'abstraction où les représentations proposées vont du général vers le particulier.
- Par une prise en compte, non stricte, des contraintes liées au projet. La définition des contraintes doit pouvoir s'effectuer tout au long de la conception. Leur application lors de la conception ne doit pas être un frein à la créativité.
- Par un suivi des évolutions et la possibilité d'effectuer des remises en cause de certains choix. La progression dans le labyrinthe des solutions n'est pas déterministe. Le cheminement vers la solution satisfaisante est sinueux, les retours en arrière sont fréquents.

Tous ces points constituent les éléments de la réflexion que nous avons menée dans nos premières activités de recherches au CRAI en collaboration avec le Loria. Ces premiers travaux sur l'assistance à la conception ont reposé sur une approche évolutive de la conception technique d'un bâtiment au sein du projet arTec.

II. Un processus évolutif de la conception technique : arTec

La conception technique d'un bâtiment suit un processus complexe qui se veut analytique, synthétique et évolutif. La définition d'un projet évolue au travers d'une suite d'étapes où les essais/erreurs et les remises en cause/améliorations s'enchaînent. Le processus de conception proposé dans le projet arTec [Bignon, Léonard et al. 1992] ne prend effet qu'à partir du moment où le projet d'architecture a atteint un niveau de concrétisation suffisant pour pouvoir être traduisible par des outils de CAO conventionnels, de description ou de quantification.

Aucun outil actuellement n'est en situation de pouvoir maîtriser la totalité du processus. L'instrumentation est donc toujours partielle. Dans le cadre du projet arTec, c'est essentiellement la phase dite de "conception/fabrication des ouvrages" qui est abordée.

II.1. Le processus de conception/construction arTec

Le processus de conception/construction proposé dans arTec est représentable en trois niveaux : le *niveau volumique*, le *niveau logique* et le *niveau d'élémentisation* (cf . figure 13) [Bignon 2002].

Tout objet en cours de conception progresse de niveau en niveau par une définition progressive des éléments qui le caractérisent (cf. figure 12).

II.1.1. Le niveau volumique

Le modèle volumique détermine des figures spatiales à partir d'entités géométriques 2D ou 3D. Il établit les limites ou les supports matériels à des espaces. Il est le lieu où se représentent les espaces et les 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 connues du concepteur. Le dimensionnement des constituants est obtenu à partir de solutions connues ou à partir d'estimations rapides par ratios.

Il ne présume d'aucun choix technologique précis et encore moins de structure d'entreprise potentielle. Dans la loi MOP (cf. Chap 1, § III.3.3), 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 1/200^e - 1/100^e.

II.1.2. Le niveau logique

Le niveau 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 de 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 niveau logique, le projet est une construction raisonnée sans être encore une fabrication rationnelle. Ce niveau se rencontre dans la loi MOP au niveau APD - EDP. L'échelle cartographique des documents de ce niveau se situe généralement entre 1/100^e - 1/50^e.

II.1.3. Le niveau d'élémentisation

Le niveau 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 d'élémentisation, le projet est une fabrication complètement rationnelle, c'est une construction mesurable. C'est le niveau EEO de la loi MOP. L'échelle cartographique des documents de ce niveau se situe généralement entre $1/50^e$ - $1/10^e$.

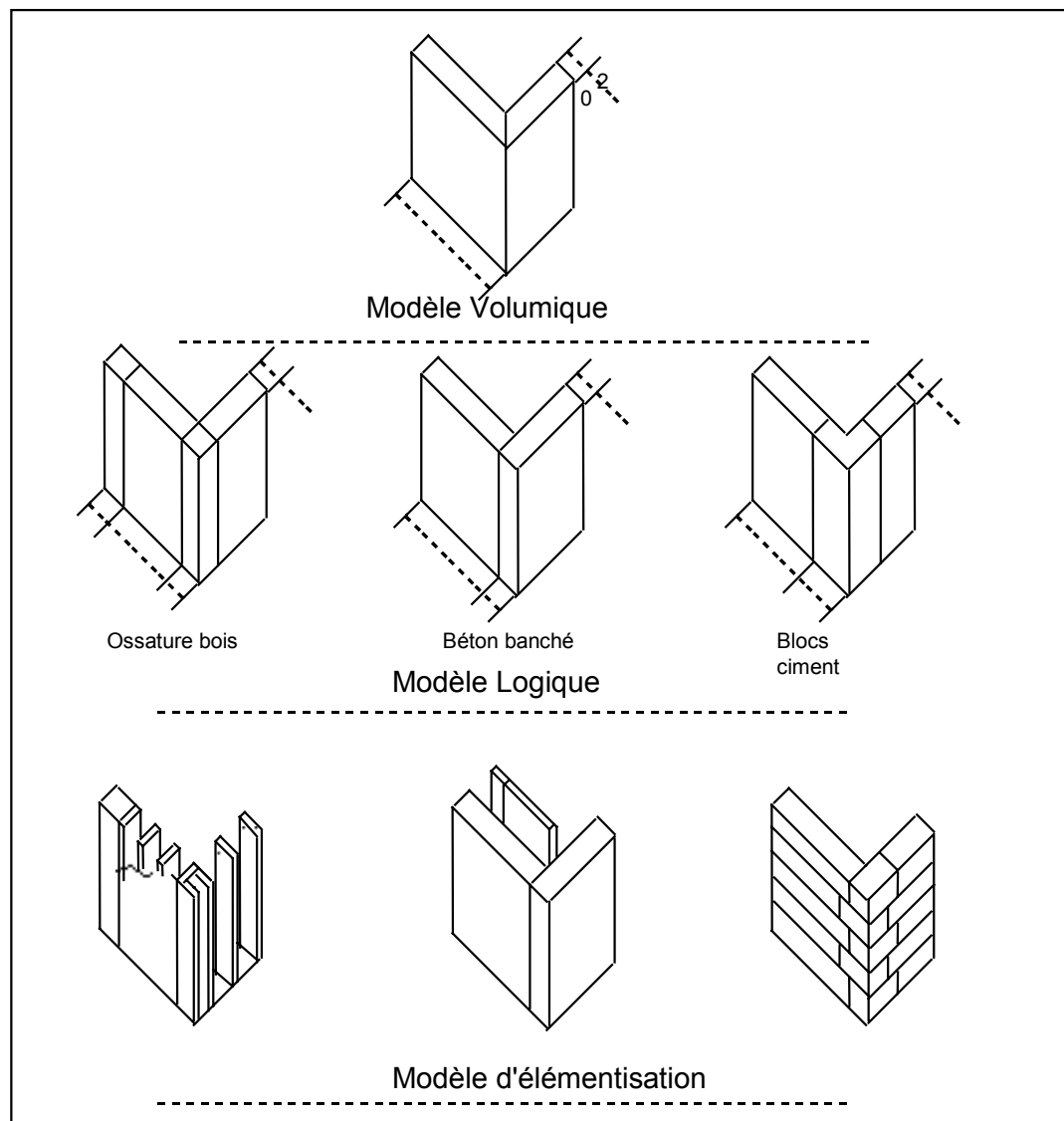


Figure 12 : La définition progressive d'un mur à l'aide du processus arTec

II.1.4. Modélisation du processus arTec

Le processus arTec de conception technique est un processus évolutif dans lequel la définition d'un même objet peut être établie, c'est-à-dire exprimée et représentée de manières différentes dans le temps. Modéliser un tel processus nécessite une description précise de ce qui caractérise la dynamique de l'objet, son «cycle de vie».

Dans la modélisation par objets, le cycle de vie d'un objet est décrit par un diagramme d'état. Cette description de la dynamique permet d'identifier les états stables par lesquels passe l'objet, le cheminement entre ces états représenté par des transitions, les événements déclencheurs de ces transitions et enfin les actions ou les activités à réaliser lors d'une transition ou dans un état.

Cette forme de modélisation demeure un outil séparé de l'étude statique (le Quoi) et logique (le Comment) d'une application. Il permet de comprendre le cycle de vie d'un objet, sans faire référence aux éléments énoncés dans les autres outils de modélisation comme le diagramme de classe. La

classe de l'objet à l'intérieur du diagramme de classes présente l'ensemble des opérations applicables au cours du cycle de l'objet entier. On ne peut pas décrire le comportement de l'objet dans un état particulier.

Face à ce constat, D. Léonard [Léonard 1989] a introduit la généralisation/spécialisation par alternative comme un principe d'abstraction pour capturer l'évolution dynamique des objets au cours du temps. Notre participation à ces travaux a consisté à proposer un support graphique, de type UML, à la représentation de ce nouveau concept. Son utilisation a été essentielle dans la modélisation du processus arTec.

II.2. La spécialisation par alternative comme outil de modélisation

La spécialisation par alternative 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 orthogonale à la généralisation/spécialisation, de nature genre/espèce, présente dans les langages et modèles orientés objets.

Ce besoin de pouvoir définir le comportement spécifique d'un objet en fonction de son état est présent dans différents domaines :

- dans une application de gestion de stock, l'opération commande, applicable à un article, est différente suivant que l'article est normalement approvisionné, en rupture de stock, ou en fin de série, etc.
- dans un atelier de génie logiciel, les opérations applicables à un module sont différentes suivant qu'il est en cours d'édition, compilé, testé, figé, etc.
- dans l'énigme du sphinx, un humain se déplace différemment matin, le midi, et le soir respectivement à 4 pattes, 2 pattes ou 3 pattes.

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.

Prenons l'exemple d'une application de type dessin 2D (cf. Figure 13) où les entités manipulées sont le segment, le cercle, le rectangle et le dessin.

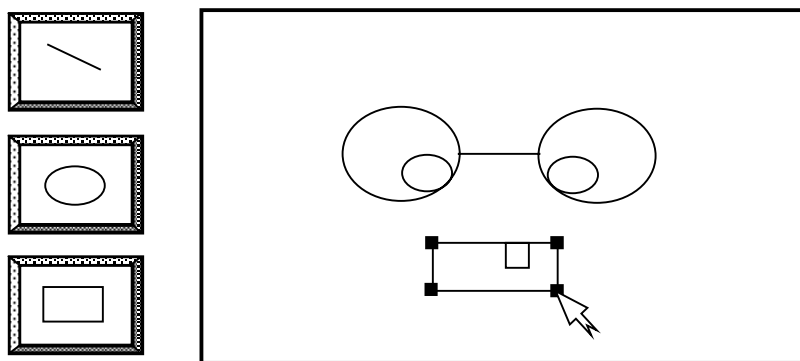


Figure 13 : Interface d'une application de dessin 2D, le rectangle devient sélectionné.

Pour modéliser cette application avec un modèle orienté objet, il est nécessaire de définir une entité qui décrit tout objet géométrique de deux dimensions pour généraliser le comportement des entités géométriques 2D contenues dans un dessin (cf. Figure 14). Cette forme d'utilisation de la relation de généralisation/spécialisation définit un cadre favorable à l'évolution de l'application [Léonard, Halin et al. 1992]. Mais, dans cette modélisation, le diagramme de classes représente l'aspect statique de l'application et il n'est pas mentionné le fait qu'un objet géométrique peut être sélectionné ou désélectionné et qu'il ne peut être déplacé ou effacé que lorsqu'il est sélectionné. Cette dynamique de l'objet peut être décrite par un diagramme d'état (cf. Figure 15), mais elle n'est pas évoquée dans le diagramme de classe qui représente la description du domaine.

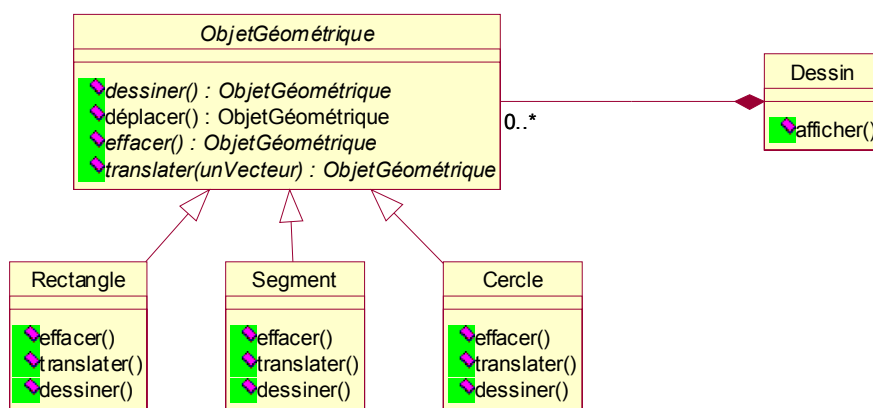


Figure 14 : Une modélisation objet (UML) des entités manipulées par l'application 2D.

La généralisation/spécialisation par alternative permet la représentation des différents états de l'objet géométrique comme des spécialisations «alternatives» présentes dans le diagramme de classes. L'objet générique devra alors définir les opérations permettant de passer d'une alternative à l'autre en respectant les chemins définis dans le diagramme d'état.

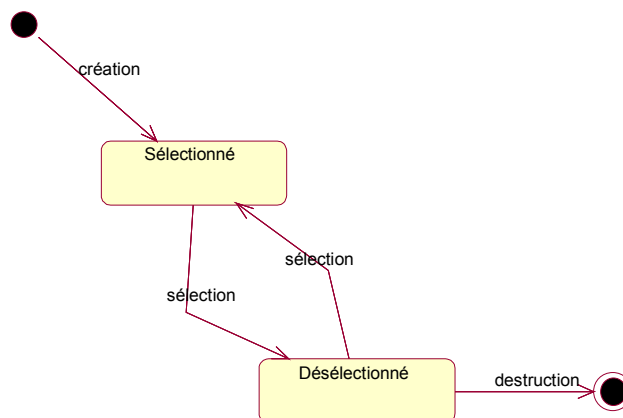


Figure 15 : Diagramme d'état d'un objet géométrique

Ainsi, dans le cas de l'application de dessin 2D, deux alternatives sont définies représentant respectivement l'objet géométrique sélectionné et l'objet géométrique non sélectionné (cf. Figure 15). Les classes sont alors stéréotypées «Dynamique» pour indiquer qu'elles possèdent un comportement spécifique relativement aux états du cycle de vie. Chacune des alternatives devra alors préciser le comportement qu'elle possède comme un sous-ensemble de la partie statique de l'objet, et éventuellement redéfinir les méthodes abstraites stéréotypées «Dynamique».

Chaque sous-classe «statique» peut posséder sa propre composante «Dynamique» si son comportement dans les états énoncés dans le type générique ou son cycle de vie sont différents.

Une proposition d'implémentation dans un langage à objet a été proposée dans [Léonard, Halin et al. 1992]. Celle-ci repose sur la notion d'identité d'objet et consiste à autoriser un objet à changer de représentation et de classe tout en préservant son identité. Certains systèmes à objets proposent une telle opération comme le système Smalltalk [Goldberg and Robson 1983] et l'opération *become*. Dans un langage de programmation classique, cette modélisation de la dynamique nécessite la gestion d'une variable d'instance «état» mémorisant les états d'un objet et utilisée pour conditionner l'appel aux différentes opérations de l'objet.

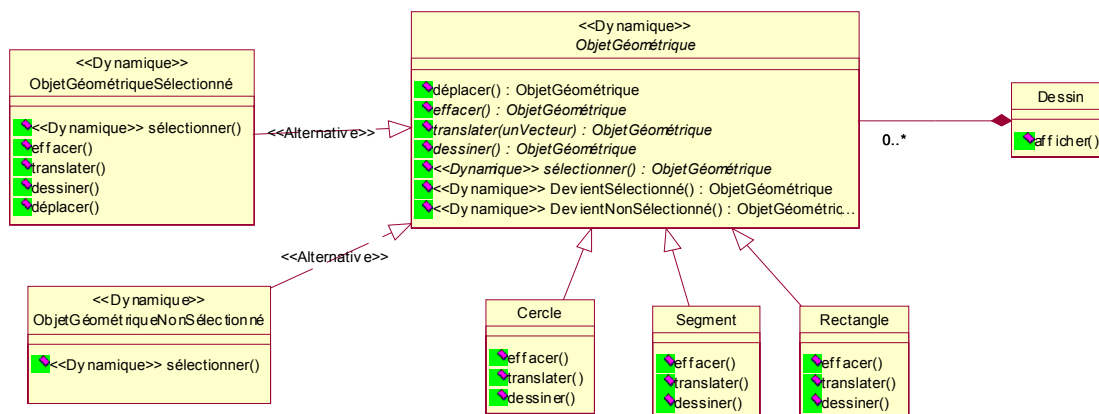


Figure 15 : Modélisation par alternative de l'application de dessin 2D.

Le principe de la spécialisation par alternative, au même titre que la spécialisation classique, permet au concepteur de porter son attention sur de petites unités. Dans une phase de conception, ce principe permet de raffiner le grain de décomposition, ce qui facilite le dialogue avec les experts d'un domaine particulier. Sans ce principe, le concepteur de la modélisation du processus de conception/construction arTec en Architecture (cf Figure 12), aurait à définir, *en même temps*, ce qu'est un mur au niveau volumique, au niveau logique, et au niveau d'élémentisation.

II.3. Modélisation du processus arTec par «alternatives»

Les objets arTec possèdent un cycle de vie en trois états (cf. Figure 16). Les trois états représentent les trois niveaux de représentation de l'objet : volumique, logique, élémentisé. Le passage du niveau volumique au niveau logique est réalisé par un choix de technologie ; le passage du niveau logique au niveau élémentisé, par un choix de matériaux. La remise en cause d'un choix est possible, l'objet retourne alors dans l'état précédent (logique ou volumique).

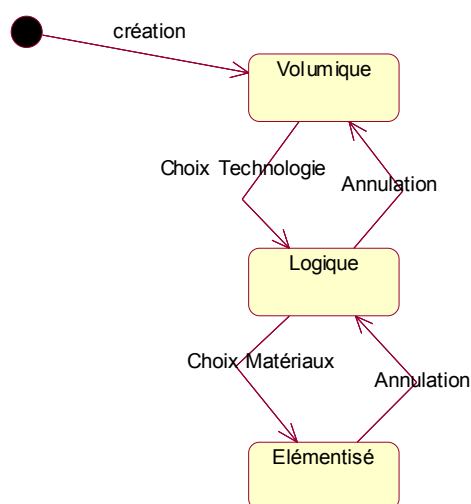


Figure 16 : Le cycle de vie d'une entité arTec

Dans chacun de ces états, les objets arTec possèdent une représentation et un comportement spécifique. La figure 17 propose une modélisation par «alternatives» d'une partie du comportement de ces objets dans chacun des états. Trois alternatives sont proposées, chacune correspondant à un état.

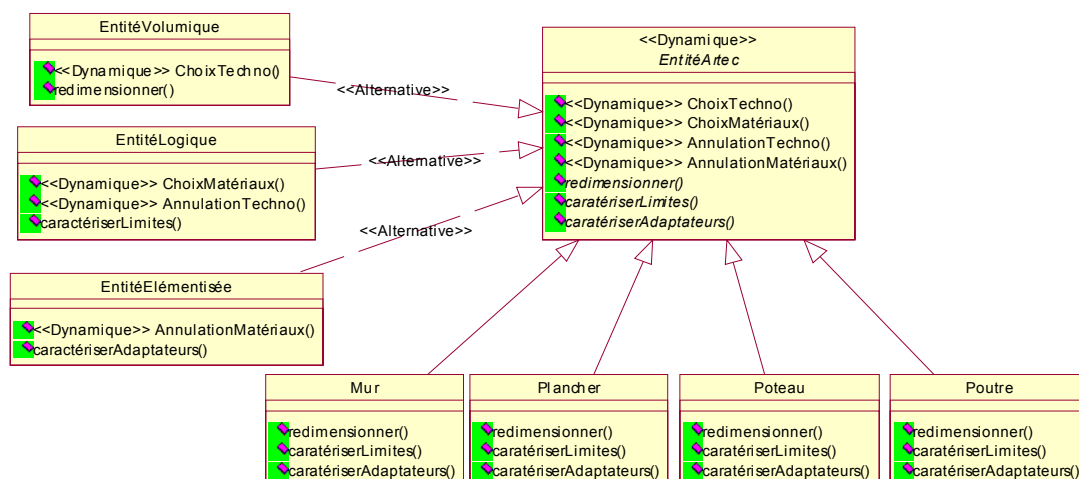


Figure 17 : Modélisation par «alternatives» des entités arTec

Tout objet arTec (mur, plancher, poteau, poutre) doit pouvoir être redimensionné (*redimensionner()*) au niveau volumique, ses limites doivent être précisées au niveau logique (*caractériserLimites()*) et enfin ses adaptateurs doivent être caractérisés au niveau élémentisé (*caractériserAdaptateurs()*). Chacune des alternatives précisent les opérations applicables sur ces objets relativement à leur état. Les opérations «dynamiques» ont pour rôle d'effectuer le changement d'état de l'objet.

La structure des objets dans chacun des états n'est pas représentée ici. Elle peut être décrite en précisant chacune des alternatives sur chacun des types objets arTec (mur, plancher, poteau, poutre) ou en proposant trois parties distinctes composant chacun des objets et détaillant respectivement la structure volumique, logique et élémentisée d'une entité arTec. C'est cette dernière solution qui a été adoptée par Y. Sahnouni dans sa proposition de modélisation du processus arTec [Sahnouni-Belblidia 1999].

II.4. Expériences et Bilan

Cette modélisation du processus arTec a été réalisée dans un prototype en utilisant le modèleur Autocad. Le prototype a été utilisé pour la conception de bâtiment utilisant une technologie «bois» à base de panneaux [Sahnouni-Belblidia 1999] et pour la conception utilisant une technologie à base de blocs de béton [Bignon 2002]. Ces expériences ont montré que le processus permet une conception progressive par raffinement successif des objets composant le projet.

Cette approche demeure originale, car elle est une des seules à proposer une description de la structure des objets composant un bâtiment et des opérations utilisables sur ces objets lors de la conception. Les travaux sur la modélisation des données d'un bâtiment [Björk 1989] [ISO 1993] [SIGMA 1995] [IAI 1996] proposent une description des objets, des contraintes, et des relations entre ces objets nécessaires aux échanges entre systèmes participant à la conception. En revanche, la description de la dynamique des objets n'y est pas présente. Seules quelques approches, comme les IFC¹³ [IAI 1996], proposent un «guide» d'instanciation des différents objets, proposés dans leur modèle, au cours d'un processus de conception général.

L'acquisition d'une nouvelle technologie dans ce modèle de conception est facilitée par une utilisation de la relation de spécialisation/généralisation classique et par alternative favorisant l'évolution des applications [Léonard, Halin et al. 1992]. Elle demande cependant la modification du

¹³ Industry Foundation Classes

modèle et donc la recompilation des programmes. L'approche par méta-modélisation [Lemesle 2000], et la mise en œuvre du MOP¹⁴ [Kiczales, Bobrow et al. 1991], offrent les concepts et techniques nécessaires facilitant la mise à jour du modèle et sa répercussion sur le mode d'exécution de l'outil.

Notre dernier apport dans cette proposition d'assistance à la conception technique a été de proposer un modèle et un système d'objets permettant la définition, la mémorisation et la rétrospection d'objets complexes. Ce modèle repose sur une méta-modélisation et le système a été réalisé dans un langage mettant en œuvre le MOP (Smalltalk 80 [Goldberg and Robson 1983]). Le couplage de ce système avec le prototype arTec a permis de valider le modèle d'objet complexe proposé, mais aussi d'étendre les fonctions de l'outil de conception par la prise en compte de contraintes spécifiques au projet en plus de celles liées à la technologie et par la mémorisation des différents cheminements dans l'espace des solutions.

La description de cet apport est le sujet du paragraphe suivant.

III. Un modèle d'objets complexes pour l'assistance à la conception

Nos travaux initiaux sur la recherche d'images [Halin 1989] [Halin, Créhange et al. 1990] nous ont confrontés aux problèmes liés à l'insuffisance des modèles de données pour représenter, manipuler et retrouver une information complexe que peut être une image. Face à cette problématique, nous avons cherché à proposer un modèle permettant la description du contenu sémantique d'une image qui soit à la fois flexible dans son évolution (prise en compte de nouveaux concepts) et dans son utilisation lors de la recherche (recherche incrémentale par niveau de complexité).

La première version du modèle EMIR¹⁵ a donc pris comme cadre d'utilisation la recherche d'images [Halin and Mouaddib 1992]. Les domaines d'applications se sont rapidement étendus à toute forme d'objets complexes que peuvent être les objets multimédias ou de CAO.

III.1. Principes du modèle EMIR

Le modèle EMIR est un modèle de données dédié à la représentation par le contenu d'objets complexes. Un objet complexe est un objet fortement structuré pouvant lui aussi faire référence à d'autres objets, qui peuvent eux aussi être complexes, et dont les types des éléments qui les composent ne sont pas connus a priori. La représentation de ces objets par les modèles utilisés dans les SGBD classiques, principalement relationnels, est soit impossible, soit inutilisable du fait de la dispersion des informations liées aux objets. L'apparition des modèles orientés objets a permis une meilleure représentation de ces objets [Hull 1989] [Rieu and Nguyen 1991]. La composition d'un objet peut alors aisément être décrite tout en préservant son intégralité.

Ces derniers modèles atteignent leurs limites lorsque les objets à décrire ont une composition où la description et la sémantique ne sont pas forcément disponibles lors de la définition du modèle. La définition de cette sémantique passe par une expression plus précise des relations présentes entre les objets composants. Le caractère évolutif du modèle et sa prise en compte dans un outil nécessitent l'utilisation de la méta-modélisation [Lemesle 2000] et des concepts de la programmation par méta-objet [Kiczales, Bobrow et al. 1991].

III.2 EMIR et la méta-modélisation

Dès ses premières spécifications, le modèle EMIR [Halin and Mouaddib 1992] [Mouaddib, Halin et al. 1993] [Mouaddib, Lahlou et al. 1994] a possédé trois niveaux d'abstractions (cf. Figure 18). Au

¹⁴ Meta-Object Protocol

¹⁵ Extended Model for Information Retrieval

plus bas niveau se trouvent les objets concrets qui représentent les objets réels d'une application comme la façade nord en béton de 20 cm d'épaisseur. A ce niveau se trouvent aussi les relations dites concrètes entre les objets concrets : la façade nord fait un angle de 45° avec la façade est. Ce niveau s'appelle le niveau concret d'une application.

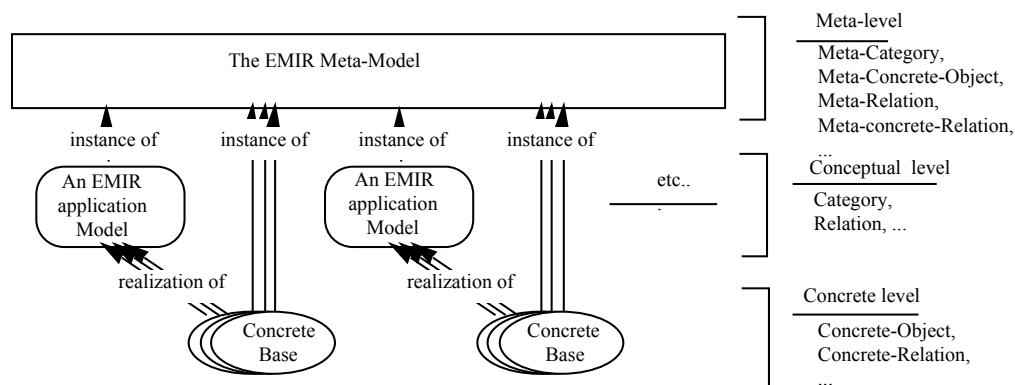


Figure 18 : Les niveaux d'abstractions dans le modèle Emir

Au niveau supérieur se trouve le niveau dit conceptuel. C'est à ce niveau que le concepteur définit le schéma de son application en énonçant les types d'objets (catégories) et de relations qui pourront coexister au niveau concret. Le lien entre le niveau concret et conceptuel est élaboré grâce au mécanisme de réalisation, proche du mécanisme d'instanciation, qui permet aux utilisateurs de l'application de créer de nouveaux objets tout en respectant la sémantique définie au niveau conceptuel.

Enfin le dernier niveau, appelé méta-niveau, contient la description du modèle EMIR avec un formalisme orienté objet, c'est-à-dire sous la forme de classes générant des instances. Ces classes décrivent à la fois les concepts des niveaux conceptuels et concrets.

Ce type d'approche reposant sur la méta-modélisation, qui prend forme actuellement avec la proposition de l'OMG¹⁶ sous la forme du MOF¹⁷, était à l'époque à son balbutiement. Des travaux de l'EIA¹⁸, pour la définition d'un format d'échange pour les informations manipulées dans les ateliers de génie logiciel, ont commencé en 1987 et abouti en 1994 sur la proposition du format CDIF (CASE Data Interchange Format) [Ernst 1997]. Ce format, basé sur une architecture de modélisation à plusieurs niveaux (cf. Figure 19), a proposé un méta-méta-modèle, plusieurs méta-modèles standards, et un format d'échange des modèles et de leur méta-modèles pour permettre les échanges d'informations entre applications. Ce projet a été abandonné lorsque UML a été proposé par l'OMG, comme méta-modèle standard pour la modélisation orientée objet.

En faisant l'analogie avec l'architecture de modélisation proposée dans CDIF, le niveau concret du modèle EMIR correspond au niveau MO, le niveau conceptuel au niveau M1, le méta-niveau au niveau m2. Le dernier niveau présent dans l'architecture CDIF nommé M3¹⁹ n'est pas présent dans l'architecture EMIR car il a été implicitement choisi sous la forme d'un modèle orienté objet dont le graphisme a été défini dans [Halin 1989].

Afin de faciliter la lecture et la compréhension des concepts principaux du méta-modèle EMIR, nous utiliserons la notation UML comme méta-méta-modèle.

¹⁶ Object Management Group

¹⁷ Méta-Object Facility

¹⁸ Electronic Industries Association

¹⁹ Ce niveau se nomme M3 pour les trois M de Méta-Méta-Modèle, la même règle d'écriture est appliquée pour les niveaux inférieurs M2, M1, M0.

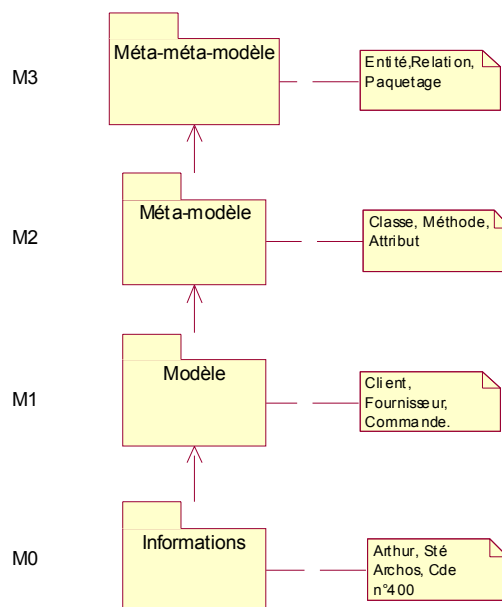


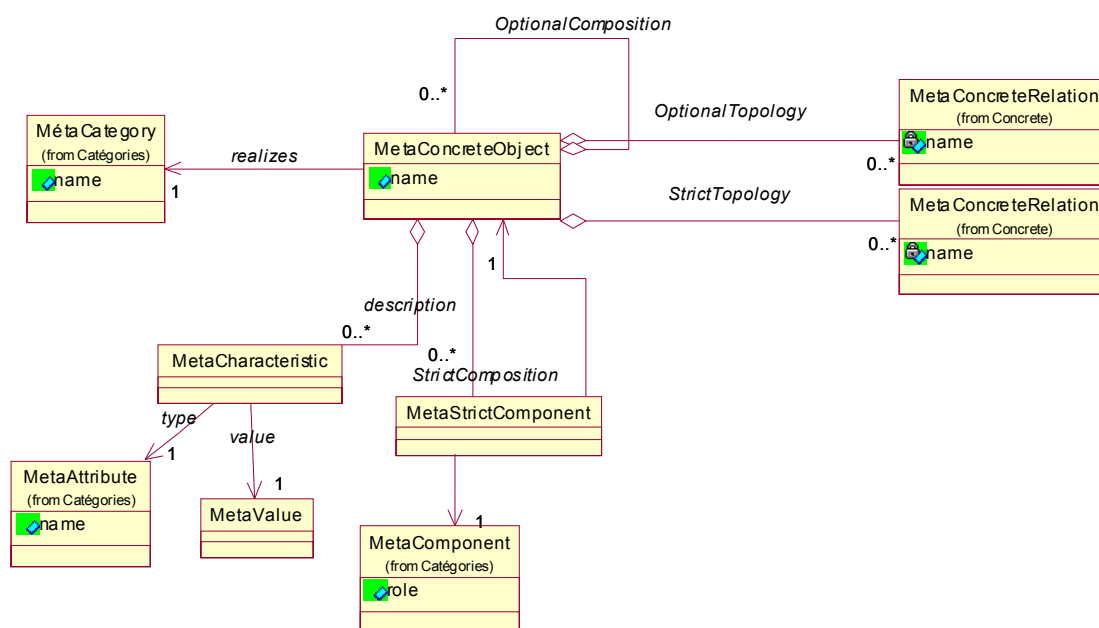
Figure 19 : Architecture de modélisation à quatre niveaux

III.3. Les concepts du méta-modèle EMIR

Le modèle EMIR permet la description d'objets réels par la création d'objets dits concrets décrits à l'intérieur de catégories.

III.3.1 L'objet concret

Les objets concrets sont des *instances* de la classe *MétaConcreteObject* (cf. Figure 20), et des *réalisations* de catégories définies par le concepteur au niveau conceptuel.

Figure 20 : La classe *MétaConcreteObject*

Un objet concret est une composition de plusieurs parties dont les trois principales sont :

- la partie description est une liste de caractéristiques descriptives de l'objet (nom d'une personne, matériau d'un mur, couleur d'une voiture),
- la partie composition contient l'ensemble des objets concrets qui compose l'objet (une voiture possède 4 roues, un moteur, un châssis ..., une maison possède un toit, des murs, des fenêtres ...),
- la partie topologie est l'ensemble des relations entre les objets composants ou entre l'objet concret et ses composants.

Les parties composition et topologie d'un objet concret possèdent deux aspects : une composante obligatoire et une composante libre. La composante obligatoire décrit la structure minimale de l'objet sous la forme d'un ensemble d'objets et de relations entre ces objets (*strictComposition*, *strictTopology*). La description de cette partie minimale est présente dans la définition de la catégorie de l'objet. Ainsi, on pourra exprimer le fait qu'une maison doit avoir au minimum un toit et des murs et que le toit doit se trouver au-dessus des murs. La composante libre contient la liste des objets ne faisant pas partie de la composition obligatoire et qui sont insérés dans l'objet lors de sa réalisation. Cette double particularité de la composition et de la topologie d'un objet permet la prise en compte à la fois des certitudes et des incertitudes sur l'évolution que peut avoir tout objet en cours de conception. Toute création d'objet concret s'effectue à travers la réalisation d'une catégorie, c'est-à-dire par la définition des parties description, composition et topologie.

III.3.2. Les catégories

Les catégories, définies au niveau conceptuel, permettent au concepteur de préciser les concepts propres à son application. Une catégorie possède trois parties relativement à la définition des objets concrets :

- métaDescription : liste des propriétés que peuvent avoir les objets de cette catégorie,
- métaComposition : liste des catégories des objets devant obligatoirement être présents dans les objets qui seront réalisés à partir de cette catégorie,
- métaTopologie : liste des contraintes topologiques, exprimées à l'aide de relations, existant entre les composants obligatoires.

Les catégories sont organisées en hiérarchie de liens de spécialisation/généralisation genre/espèces auxquels est associée le mécanisme d'héritage. Chaque catégorie spécifique hérite des parties description, composition et topologie de sa catégorie générique. Toute catégorie est une instance de la classe *MétaCategory* (cf. Figure 21) définie au Méta-Niveau.

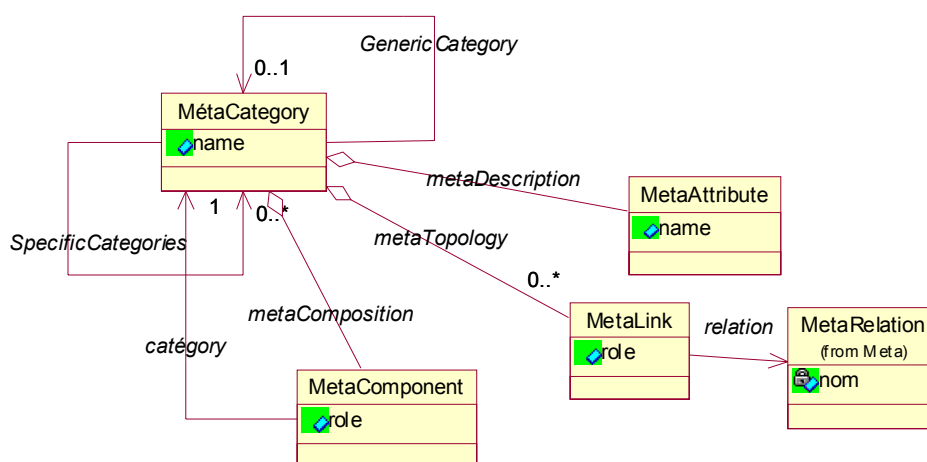


Figure 21 : La classe *MétaCategory*

III.3.3. Les relations

Le concept de relation ressemble à celui d'association du modèle Entité/Association [Chen 1976], à la différence qu'il intervient, non pas dans l'expression générale du schéma de la base, mais localement dans l'expression de la partie topologie des objets. La définition des relations potentielles d'une application s'effectue par le concepteur au niveau conceptuel. Chaque relation qui peut exister entre des objets est décrite par la classe *MétaRelation* (cf. Figure 21), elle possède :

- une *métaComposition* qui représente l'ensemble des types d'objets (catégories) intervenant dans la relation ainsi que leurs rôle et cardinalités à la manière du modèle E/A,
- une *métaDescription* décrivant des propriétés ou des contraintes caractérisant la relation,
- des propriétés (symétrie, réflexivité, transitivité...) qui sont utiles lors des recherches.

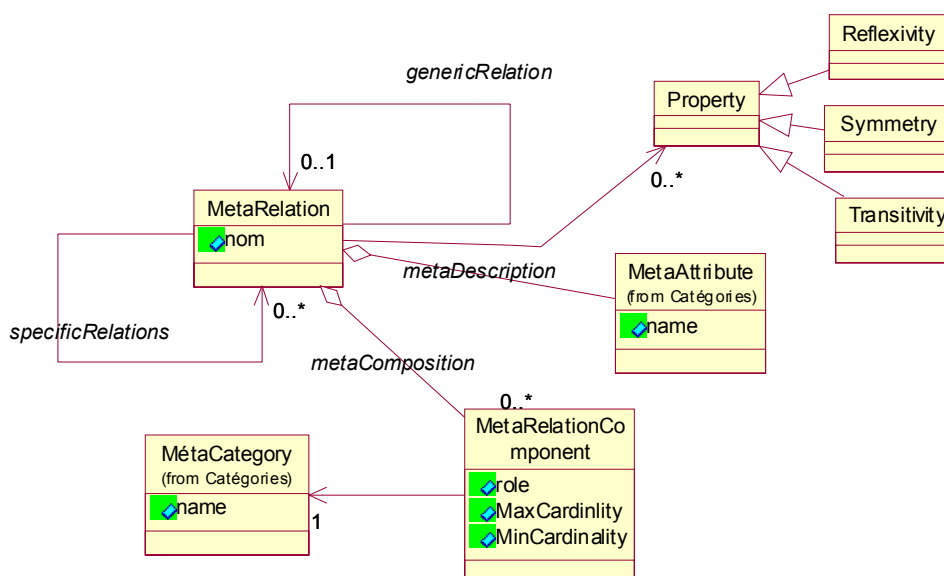
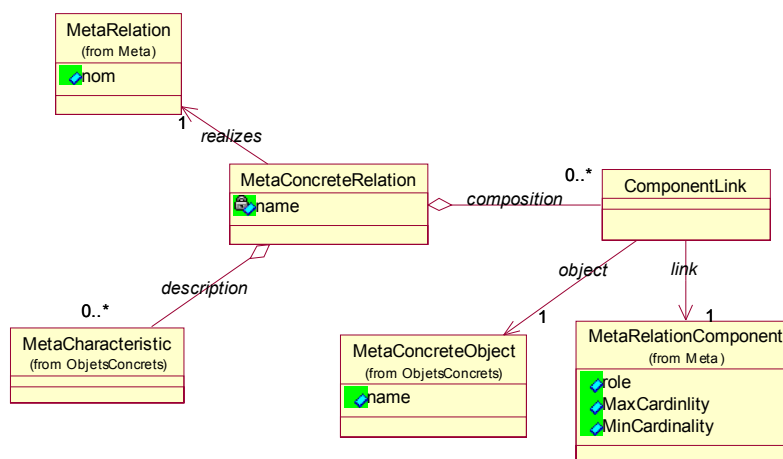


Figure 22 : La classe *MetaRelation*

Les relations sont, elles aussi, organisées en hiérarchie de spécialisation/généralisation genre/espèces, une relation spécifique héritant de la composition et des attributs de sa relation générique. Cette caractéristique du modèle permet d'aborder la typologie d'un objet de manière progressive, par différents niveaux d'abstraction. Elle est utilisée lors de la conception d'un objet mais aussi lors de la recherche.

Lors de la création d'objets concrets, des relations concrètes, instances de la classe *MétaConcretreRelation* (cf. Figure 23), sont créées par la réalisation des relations définies au niveau conceptuel. La réalisation d'une relation consiste à valuer les attributs et à associer à chaque composant un objet concret de la catégorie spécifiée tout en s'assurant que les cardinalités sont vérifiées.

Figure 23 : La classe *MétaConcreteRelation*

III.4 Définition d'une application

Une application EMIR est constituée essentiellement d'une ou plusieurs hiérarchies de catégories qui permettent la réalisation des objets concrets et d'une ou plusieurs hiérarchies de relations qui permettent la réalisation de relations entre ces objets concrets. Une application est alors la composition d'un modèle conceptuel (catégories et relations) et d'une base d'objets concrets (base concrète). Une des caractéristiques du modèle est sa capacité à évoluer pour s'adapter aux situations de conception. Cette capacité d'agir à la fois sur les données d'une application et sur le modèle de ces données est un des résultats de la méta-modélisation.

Un modèle de requêtes permet aux utilisateurs d'effectuer des recherches rétrospectives d'objets contenus dans la base concrète. Trois niveaux d'interrogations sont disponibles, ils permettent d'utiliser pleinement la représentation des objets en trois parties :

- niveau descriptif : recherche d'un ou plusieurs objets d'une catégorie en valuant tout ou une partie de ses attributs,
- niveau structurel : recherche d'objets composés d'une liste d'objets donnés, cette liste ayant pu être construite par la composition d'autres requêtes,
- niveau topologique : recherche d'objets composés d'une liste d'objets ayant une topologie précise exprimée par un ensemble de relations concrètes.

La réponse à une requête est un ensemble d'objets ordonné en fonction de leur adéquation aux critères.

Un prototype du système EMIR [Lahlou 1996], s'appuyant sur les concepts du modèle, a été réalisé en Smalltalk 80 [Goldberg and Robson 1983]. Une conception analogue au patron type-objet a permis la mise en œuvre de la méta-modélisation. Ce prototype a été utilisé dans le cadre de deux expérimentations [Isselé 1995]. La première a concerné la recherche d'images. La seconde s'est intéressée à l'apport d'un gestionnaire d'objets complexes pour l'assistance à la conception technique de bâtiment [Halin, Bignon et al. 1994] [Halin 1995] [Halin, Bignon et al. 1995]. C'est cette dernière expérience que nous allons vous présenter.

IV. Mémoire de la conception : un gestionnaire d'objets complexes

Le concepteur qui suit le processus arTec progresse par raffinements successifs vers une solution technique constructible. La modélisation du processus, exposé au § II., prend en compte cette progression grâce à une gestion dynamique des données. Le concepteur peut converger rapidement vers une solution satisfaisante s'il fait les choix techniques pertinents. Mais, dans la majorité des cas, la conception n'est qu'un ensemble d'essai/erreur/adaptation, de confrontation de choix et d'idées, de multiplicité de point de vue d'acteur. Il n'existe pas une solution parfaite, mais plusieurs avec leurs avantages et leurs inconvénients. Il est intéressant alors d'offrir au concepteur la possibilité :

- de vérifier à des étapes précises la cohérence de sa conception, et son adaptation aux contraintes exprimées dans le cadre du projet,
- de formuler plusieurs pistes de conception avec des choix techniques différents et de les comparer entre elles,
- de confronter ces choix à des choix déjà effectués dans le passé (gestion d'expériences) et éventuellement d'en réutiliser une partie.

La prise en compte de ces nouvelles fonctionnalités d'aide à la conception nécessite la gestion d'un grand nombre d'informations complexes. Une coopération avec un gestionnaire d'objets complexes peut libérer le processus de cette tâche. C'est ce que nous avons expérimenté dans le projet Emir/arTec.

IV.1. Une application : le projet Emir/arTec.

L'objectif de cette coopération est l'amélioration de l'assistance technique et décisionnelle apportée par l'outil informatique au concepteur de projets architecturaux. Le principe est simple, le gestionnaire d'objets complexes mémorise à des étapes précises de conception les objets manipulés par le concepteur. Lors de cette mémorisation, des vérifications de cohérence sont effectuées indiquant au concepteur d'éventuelles erreurs. Puis, à n'importe quelle étape, l'utilisateur peut, par l'interrogation du gestionnaire, demander à revoir ou à réutiliser tout ou partie des objets qu'il a créés lors d'étapes ou de projets antérieurs.

L'application arTec/EMIR décrite au niveau conceptuel se définit de la manière suivante : chaque classe arTec ne désignant pas une relation est représentée par une catégorie, en respectant le graphe de spécialisation/généralisation préalablement définie. Chaque classe arTec désignant une relation est représentée par une relation EMIR. Le concept de spécialisation/généralisation par alternative, qui définit lui la dynamique des objets, a été mis à plat dans l'application arTec/EMIR. Il n'est représenté que par son aspect statique, c'est-à-dire par des liens de spécialisation/généralisation genres/espèces entre catégories.

Le premier objectif fixé a été la réalisation de la mémoire à court terme. Voyons un exemple illustrant la capacité du modèle EMIR à représenter un bâtiment modélisé au niveau volumique d'arTec.

IV.2. Construction du modèle EMIR/arTec

Seul le niveau volumique a été concerné dans cette première expérimentation. Les entités à mémoriser dans le système EMIR sont celles nécessaires à la représentation volumique d'un bâtiment, et présentes dans l'état d'avancement du prototype arTec utilisé, c'est-à-dire : les murs, les adaptateurs qui matérialisent les relations, les ouvertures et les limites de ces entités (cf. Figure 24).

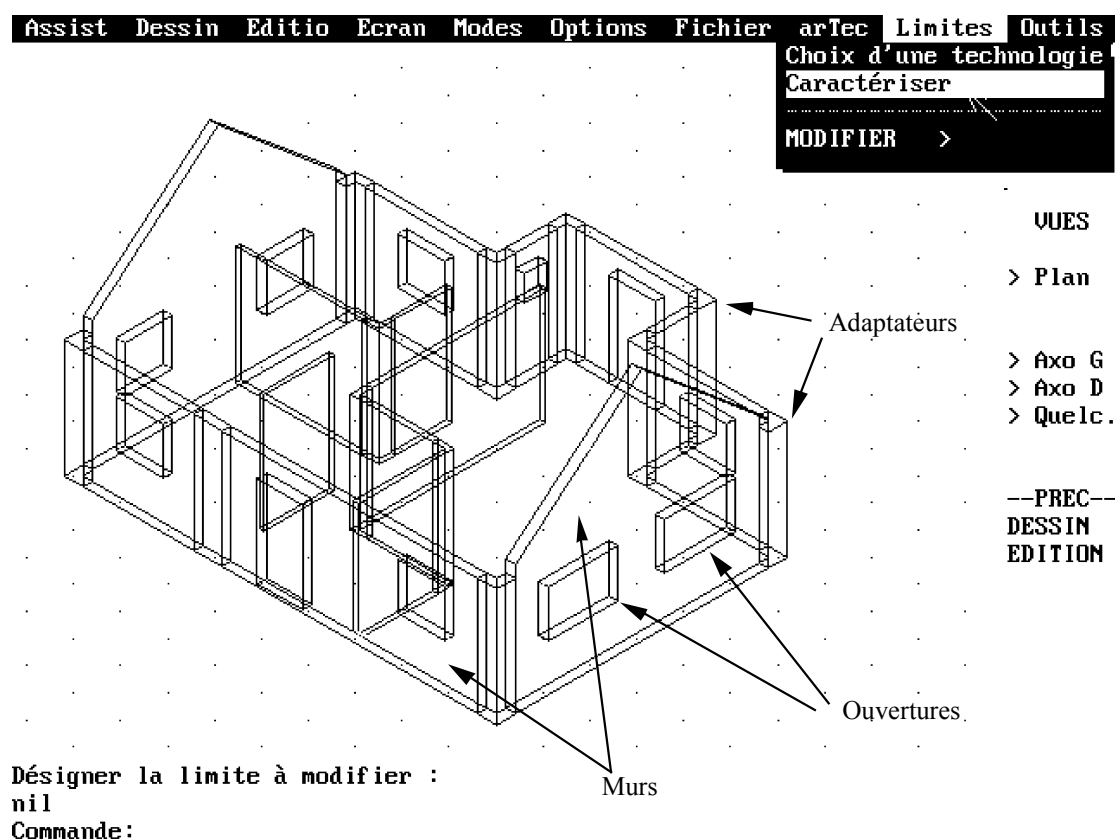


Figure 24 : Les entités volumiques saisies sous arTec

Le modèle EMIR de l'application arTec se construit en définissant les catégories instances de la classe *MétaCategory* et les relations instances de la classe *MétaRelation*. On obtient ainsi deux graphes d'héritages, le premier représentant l'ensemble des entités que l'on peut trouver au niveau volumique (cf. Figure 25), le second définissant la hiérarchie des relations existantes entre ces entités volumiques (cf. figure 26).

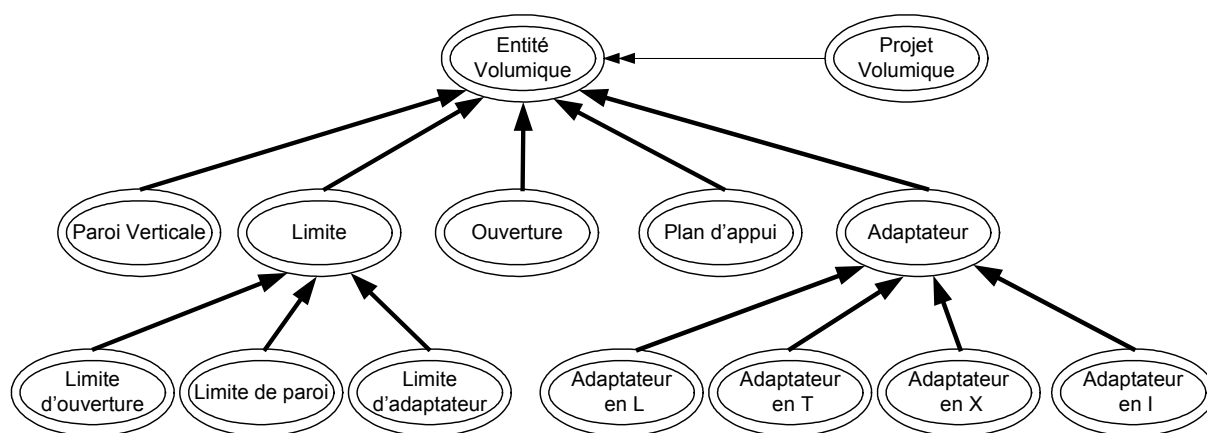


Figure 25 : Graphe d'héritage des catégories de l'application EMIR/arTec

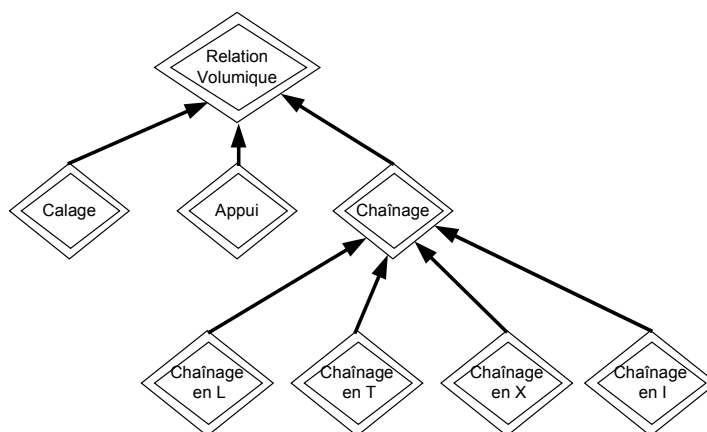


Figure 26 : Graphe d'héritage des relations de l'application EMIR/arTec (extrait)

Ces graphes ne constituent qu'une partie du modèle EMIR/arTec. Chaque catégorie et relation ont été décrites afin de prendre en considération les informations des entités volumiques arTec [Isselé 1995].

IV.3. Réalisation des objets à partir du modèle

Pour décrire cette étape, nous allons extraire une partie d'un bâtiment modélisé avec l'outil arTec. Cette partie est constituée de deux murs (ou parois verticales) orthogonaux. La relation entre les deux murs est matérialisée par un objet nommé «Adaptateur en L» (cf. Figure 27). Cet objet indique qu'il y aura une décision à prendre par le concepteur pour choisir la réalisation technique de cette relation. Ce choix a lieu au niveau logique. Il existe d'autres types d'adaptateurs caractérisant d'autres formes de relations (cf. Figure 25 & 26).

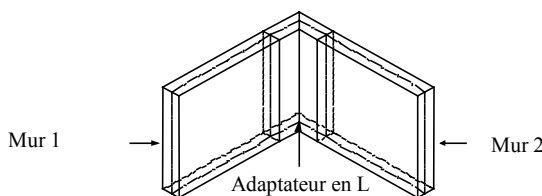


Figure 27 : Partie d'un bâtiment au niveau volumique

Mémoriser cette partie de projet dans le système EMIR consiste en la réalisation de plusieurs catégories et relations du modèle EMIR/arTec. Dans l'exemple choisi, les catégories réalisées sont *Projet Volumique*, *Paroi Verticale*, et *Adaptateur en L*. Seule une relation a été réalisée, il s'agit de la relation *Chaînage en L*. La Figure 29 montre ces réalisations en présentant à la fois un extrait du modèle EMIR/arTec ainsi que les objets et relation réalisés. Le formalisme utilisé pour décrire ces deux niveaux est celui préconisé par Y. Lahlou dans sa thèse [Lahlou 1996] (cf. Figure 28).

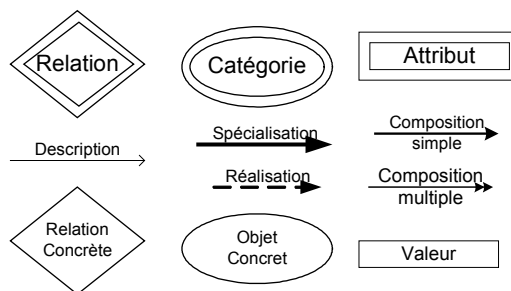


Figure 28 : Formalisme utilisé pour décrire les deux niveaux de l'application EMIR/arTec

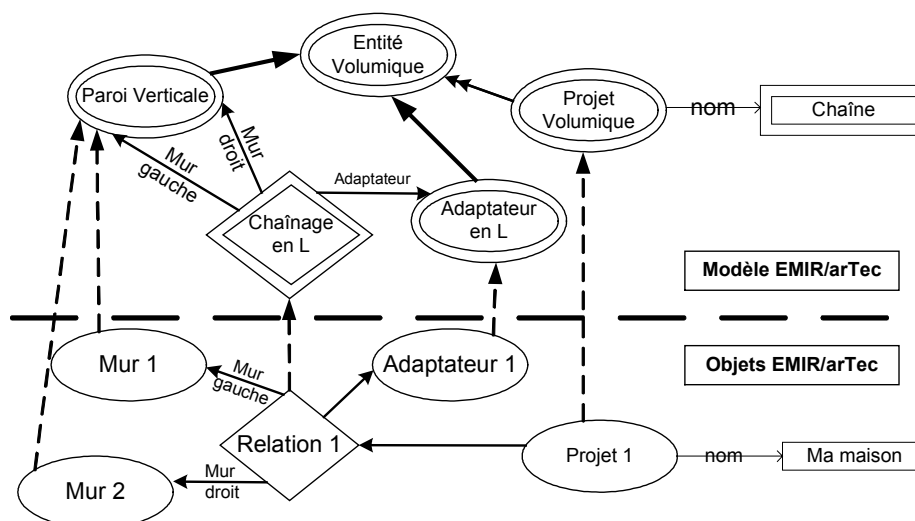


Figure 29 : Extrait du modèle et des objets réalisés pour décrire une partie de bâtiment

Cet exemple, quoique très simple, montre les étapes nécessaires à la définition et la réalisation d'une application EMIR.

IV.4. Bilan de l'expérimentation

L'expérimentation réalisée a été décrite dans [Halin 1995; Isselé 1995; Lahlou 1996] [Halin, Bignon et al. 1995]. Le concepteur modélise graphiquement son projet avec le modeler arTec. Il crée ses objets, les redimensionne, les déplace et les met en relation. Toutes ces opérations peuvent, lorsqu'elles s'enchaînent, générer des incohérences architecturales dans le projet. La communication entre le modeler arTec, développé en LISP sous AUTOCAD, et le système EMIR, développé en Smalltalk, peut aider le concepteur à vérifier cette cohérence à partir du moment où elle est présente dans le modèle de l'application EMIR. La procédure réalisée dans cette expérimentation a été la suivante :

- le concepteur, lorsqu'il souhaite, à certains moments, valider sa conception, active la procédure de validation
- le modeler génère un fichier (ASCII) décrivant toutes les entités créées et le communique au système EMIR
- le système EMIR analyse le fichier et essaye de réaliser les catégories et relations énoncées dans le modèle de l'application
- les erreurs rencontrées lors des différentes réalisations sont communiquées au modeler.

Cette expérimentation dont l'objectif était de mettre à l'épreuve le modèle EMIR pour la mémorisation d'objet en cours de conception a révélé les difficultés suivantes :

- la difficulté de mettre en correspondance deux modèles de description de données (arTec et EMIR),
- les insuffisances du modèle EMIR à prendre en compte des contraintes liées à la conception

La mise en correspondance des modèles a posé rapidement le problème du niveau de granularité des objets dans l'application EMIR. Alors que dans arTec les limites²⁰ étaient des propriétés, dans EMIR ces limites devenaient des objets, car elles participent à la définition des relations et elles sont partagées entre les objets. Lorsque dans le modeler arTec, 72 objets avaient été créés, 492 étaient nécessaires dans le système EMIR [Isselé 1995]. La correspondance entre les objets des deux modèles n'étant pas systématique, la digestion de l'information transmise par le modeler était assez

²⁰ Une limite est définie par les coordonnées d'un segment. Chaque entité volumique est décrite par un ensemble de limites. Ce sont les limites qui permettent la représentation 3D de l'objet.

fastidieuse. Ce problème est cependant assez classique, c'est celui de l'échange d'information entre application. L'échange d'information entre outils est un point important et souvent bloquant dans toute coopération en phase de conception. Les travaux de normalisation sur la définition des objets et produits du bâtiment [ISO 1993] [IAI 1996] ainsi que les travaux sur la définition du standard MOF [OMG 2000] s'inscrivent dans cette problématique. Cette expérimentation nous a permis d'en comprendre le contexte.

La version du modèle EMIR utilisée dans cette expérimentation ne permettait de vérifier que la réalisation des catégories et relations. Ainsi, le système ne vérifiait que la partie description, composition obligatoire et topologie d'un objet concret et les parties description et composition d'une relation concrète. Ainsi le système EMIR était capable de vérifier qu'un chaînage en I²¹ mettait en relation deux murs différents et un adaptateur en I, mais il était incapable de vérifier que les deux murs avaient la même longueur. Les travaux de Youssef Lahlou sur la définition de contraintes [Lahlou 1996] ont permis de faire évoluer le modèle en permettant d'énoncer des contraintes au niveau du modèle (catégories et relations) mais aussi au niveau des objets lors de la conception. Ces nouvelles propriétés du modèle permettent notamment la prise en compte de contraintes spécifiques à un projet et non spécifiquement liées au domaine.

V. Conclusion

Tous ces travaux réalisés à mon arrivée au sein du CRAI m'ont permis de me confronter rapidement aux problèmes engendrés par la conception et plus particulièrement la conception technique de bâtiment.

La modélisation du processus arTec et la prise en compte progressive de la complexité de l'objet en cours de conception se sont montrées très pertinentes pour la définition des opérations possibles à chacune des étapes identifiées (Volumique, Logique, Elémentisée). La description du projet et de ses résultats ont été le sujet de la thèse de Y. Sahanouni [Sahanouni-Belblidia 1999] et de plusieurs DEA. Mes apports dans ces travaux se sont concrétisés notamment par une participation à l'encadrement de ces étudiants.

La définition du modèle EMIR, que nous avons initiée en collaboration avec N. Mouaddib²² suite à nos travaux sur la recherche d'images, aborde le problème de la méta-modélisation fortement présent actuellement dans la définition d'application interopérable. Ces travaux et leur application dans le domaine de la conception architecturale ont été générateurs de nouveaux thèmes de recherche au sein du CRAI comme au sein du LORIA. Au CRAI, c'est l'échange d'informations et la prise en compte des travaux sur la normalisation qui sont devenus d'actualité. Au LORIA, les travaux se sont orientés sur la prise en compte de contraintes et du contexte spécifique des objets en cours de conception [Lahlou and Mouaddib 1998] avec notamment la représentation multi-vues où un même objet peut posséder un ensemble de vues dédiées à chacun des acteurs de la conception [Naja 1997] [Naja 1998]. Le modèle EMIR, qui a été aussi mis en œuvre dans le cadre de la recherche d'images [Isselé 1995] [Lahlou 1996], est à l'origine de la modélisation des objets en plusieurs niveaux (description, composition, topologie) qui a été reprise notamment dans des modèles actuels de recherche spécialisés dans la recherche d'images [Belkhatir 2003].

²¹ un chaînage en I définit une continuité linéaire en deux murs

²² L'apport de N. Mouaddib reposait essentiellement sur la prise en compte d'informations nuancée dans le modèle. Cette partie du modèle a été abandonnée dès les premières versions.

Chapitre 3. Les hypermédias pour l'organisation et l'accès à l'information dans l'assistance à la conception

I. Introduction

Le besoin en information est présent dans toute conception.

Il peut être localisé dans la phase initiale, l'étape dite d'intelligence dans le processus décrit par H.A. Simon [Newell and Simon 1972], où l'information recherchée ici est celle qui favorisera la création et stimulera l'imagination. Le besoin est alors assez général, sa formulation est difficile. Une navigation libre dans l'espace informationnel disponible est nécessaire et l'image, utilisée comme support de recherche, a un rôle important à jouer.

Les phases finales et intermédiaires, ou respectivement de sélection et de conception pour H.A. Simon, font apparaître, elles aussi, des besoins en information. Ces besoins sont plus précis, plus orientés, plus techniques. L'information est recherchée avec pour objectif une meilleure définition de ou des solutions en cours d'exploration, ou pour une aide à la décision dans la sélection des solutions à suivre. L'expression du besoin doit alors être évolutive, du général au précis. La compréhension du besoin par l'outil prend alors une place importante. Toutes formes de navigation, libres ou orientées, peuvent être proposées afin d'aider l'utilisateur à préciser son besoin. L'image et le texte doivent être utilisés conjointement comme support à la recherche.

L'organisation de l'espace informationnel mis à disposition du concepteur et les modes d'accès proposés constituent les éléments essentiels à la construction d'outils de recherche d'informations pour l'assistance à la conception. La nature (documentation, norme, projet, ...) et la forme (texte, image, vidéo,...) de l'information étant variées, l'interdépendance entre ces informations étant forte, l'organisation se doit d'être souple (gestion de références entre informations, modification facile, ...) tout en demeurant exploitable c'est-à-dire avant tout accessible. Rendre accessible l'information nécessite la mise à disposition d'un ensemble de modes d'accès utilisant différents supports (texte, image, scène 2D ou 3D, ...) afin de faciliter l'expression des différents types de besoins rencontrés lors d'une conception.

Face à ce constat, nous nous sommes orientés vers les systèmes hypermédia pour l'organisation et l'accès à l'information mise à la disposition du concepteur pour l'assister dans sa démarche de conception. Dans ces travaux, nous avons proposé aux architectes, fournisseurs et futurs consommateurs d'information, les moyens d'organiser les informations et de construire les différentes formes d'accès nécessaires à la consultation.

Dans ce contexte, c'est le système hypermédia qui est l'objet de conception. Nous nous sommes intéressés alors aux méthodes de conception d'hypermédia pour proposer une méthode de conception adaptée à un public non informaticien. Cette méthode, en cours d'évolution, a été utilisée à la fois dans la conception de CD-ROM et dans la conception de sites Web. Ce chapitre présente dans un premier temps la méthode, puis ses applications dans la recherche d'informations techniques et dans la recherche d'idées dans la phase initiale de conception.

II. L'Hypermédia : un objet de conception

II.1 L'objet Hypermedia

Un hypermédia est avant tout un outil interactif destiné à un utilisateur nommé *lecteur* :

«Un hypertexte est un agent qui aide des humains dans une tâche de lecture active en apportant l'information pertinente selon le contexte de lecture passé et présent»

Jocelyne et Marc Nanard dans [Nanard and Nanard 1998].

C'est Vannebar Bush qui a proposé le premier l'idée d'un outil pour assister l'homme dans sa quête d'information par un parcours non linéaire de texte [Bush 1945]. Theodor Nelson²³ proposa, dans les années 60, les termes d'*hypertexte* et d'*hypermédia* [Nelson 1967]. Depuis de nombreuses applications utilisant les principes des hypermédias ont vu le jour. L'apparition des CD-ROM puis ensuite du Web a amplifié le phénomène [Balpe, Lelu et al. 1996]. Face à cette prolifération d'applications, des travaux sur la conception et la réalisation d'hypermédia ont vu le jour [ACM 1995].

II.1. Le contexte de la conception d'hypermédia

La conception d'hypermédia s'apparente aux autres formes de conception. Elle consiste à la réalisation d'un produit conçu par un collectif d'acteurs mettant en œuvre des méthodes et modèles. Mais un hypermédia, c'est aussi un logiciel qui possède des fonctions spécifiques, qui est destiné à des utilisateurs identifiés et qui sera réalisé avec des outils informatiques connus. L'utilisation de méthodes de conception de logiciel doit alors être possible. Effectivement, concevoir un hypermédia avec, par exemple, une méthode orientée objet reposant sur UML est possible, mais le contexte de conception d'un hypermédia étant très spécifique, il devient intéressant de proposer des méthodes adaptées permettant d'appréhender plus facilement les éléments inhérents à cette forme de conception. La répercussion de ces particularités dans une méthode à objet demeure possible notamment par la définition d'un profil spécifique dans le langage UML.

L'identification de l'information pertinente nécessaire aux différents contextes de lecture, la mise en place des liens, la réalisation des mécanismes de navigation, et l'étude de l'ergonomie et des interactions demeurent les éléments critiques à étudier dans toute conception d'hypermédia.

J. et M. Nanard énumèrent dans un [Nanard and Nanard 1998] certain nombre d'aspects intervenant dans la conception d'hypermédia :

- Le domaine représente le savoir que l'hypermédia veut apporter. Il faut alors sélectionner ou créer les ressources qui seront mises à disposition par l'hypermédia. Ces ressources doivent être sous une forme exploitable et être organisées par un expert du domaine.
- Les utilisateurs du système ainsi que les tâches ou utilisations qu'ils vont effectuer doivent être identifiés. Les contextes d'utilisations doivent être décrits afin de préciser les interactions nécessaires à mettre en œuvre.
- Le produit, résultat de la conception, l'outil hypermédia. Sa conception et sa réalisation mettent en œuvre, comme dans toute ingénierie, des modèles, méthodes et processus en utilisant, lorsqu'ils existent, des environnements dédiés. A la différence des logiciels industriels, les hypermédias peuvent avoir une forte composante artistique.
- Les modèles : les premiers modèles ont cherché à décrire la structure et le fonctionnement des hypermédias afin de les présenter et de les comparer. Le modèle de Dexter [Halasz and Schwartz 1994] fait partie de ces premiers modèles. Il permet la description d'un hypermédia en 3 couches (exécution, stockage, contenu). Un des premiers modèles dédié à la conception est HDM [Garzotto and Paolini 1993] qui propose de définir une application hypermédia par l'instanciation d'un schéma qui décrit les informations, leur représentation et leurs interconnexions mutuelles. L'aspect méthode est peu présent.

²³ Ayant assisté à sa conférence à Valenciennes dans le cadre H2PTM 01, nous avons appris que Théodore Nelson travaille toujours sur cette idée d'organiser l'information autrement que hiérarchiquement. Il pense que la prédominance de cette organisation provient du manque d'imagination des concepteurs de systèmes d'exploitation. Il prêche pour une organisation plus souple et moins rigide.

- Les méthodes préconisant un modèle et une démarche font leur apparition dans les années 95 en s'inspirant de HDM [ACM 1995]. On trouve alors la méthode RMM [Isakowitz, Stohr et al. 1995] reposant sur le modèle E/A, la méthode OOHDM [Schwabe, Rossi et al. 1996] utilisant les concepts orientés objets. Depuis l'avènement du Web et d'UML, de nombreuses méthodes ont vu le jour comme WebML [Ceri, Fraternali et al. 2000], WSDM [De Troyer and C.J. 1998], UWE [Koch, Kraus et al. 2001]. Ces méthodes préconisent une conception incrémentale d'hypermédia par couches en nombre minimum de trois (information, navigation, présentation). Les méthodes les plus récentes, orientées Web, apportent de nouvelles couches ou vues modélisant les besoins de l'utilisateur et les capacités adaptatives de l'hypermedia aux différents types d'utilisateurs [Villanova, Gensel et al. 2003]. Quelques méthodes proposent un certain nombre de patrons de conception permettant la réutilisation d'éléments d'architecture ayant fait leurs preuves [Schwabe and Nanard 1999].
- Le processus est en général incrémental et itératif, analogue à ceux préconisés dans les méthodes de conception orientés objets. Il est découpé en phases et le résultat de chaque phase est un modèle. Les dernières méthodes modélisant des systèmes Web ou WIS (Web Information System) préconisent 6 phases [Barna, Frasincar et al. 2003] : analyse des besoins, modélisation conceptuelle, modélisation navigationnelle, modélisation de l'adaptativité, modélisation de la présentation, implémentation.
- Les acteurs de la conception sont ceux de l'ingénierie concourante (cf. Chap 1, § II.2.2) associé à ceux de la production d'œuvre artistique comme un film cinématographique. Les rôles joués sont : les ingénieurs informatiques et multimédia, le producteur, les artistes (graphistes), les spécialistes du domaine, les scénaristes, le chef de projet, le coordinateur.
- Les environnements de développements associés à une méthode sont peu répandus voire inexistants. Les seuls outils disponibles sont ceux associés à la création multimédia comme Director ou à la création de site Web (Golive ou DreamWeaver). Les dernières méthodes utilisant UML et les dernières technologies du Web (J2EE, .NET et XML) seront sans aucun doute sujet au développement d'environnement dédié à la conception de WIS. Le besoin d'outil et de méthode existe, seule la maturité des méthodes reste à atteindre.

III. La méthode proposée

Le besoin en conception et en réalisation de systèmes de présentations multimédias d'informations dédiées à l'architecture et à la construction s'est fait relativement croissant dans notre laboratoire de recherche. Afin de réaliser ces applications, nous avons proposé une méthode de conception d'hypermédia s'inspirant des méthodes émergentes de l'époque (RMM et OOHDM) et adaptée au concepteur des applications à savoir : les architectes ou étudiants en architecture. Cette méthode a été utilisée pour concevoir des catalogues de produits du bâtiment [Halin, Bignon et al. 1997; Halin, Bignon et al. 1997], des dictionnaires dans des domaines de construction comme le bois [Pelissier 1997], des outils de présentation de projet architectural ou d'œuvre architecturale [Mathieu 1996; Lemattre 1998] et dernièrement pour la conception d'un système de gestion de références pour la conception initiale [Scaletsky 2003].

III.1. Le contexte : le domaine, les utilisateurs, le produit

Le domaine est celui de l'architecture et de la construction. Les informations à représenter sont celles que manipulent l'architecte quotidiennement, à savoir, des photographies, des dessins techniques, des plans, des textes, des scènes 2D ou 3D, des textes enregistrés, des vidéos. Les utilisateurs visés sont dans la plupart des applications, les architectes ou les étudiants en architecture. Le produit final est un CD-ROM conçu avec un générateur d'application multimédia comme Authorware ou Director²⁴, ou une application Web réalisée avec un générateur de pages dynamiques connectée à une base de données.

²⁴ <http://www.macromedia.com>

L'un des problèmes dans ce type d'applications est de faire l'inventaire de l'ensemble des informations disponibles, de les mettre en forme (choix du média) et de les structurer (inventorier les liens), puis d'imaginer les scénarios d'utilisations et les interactions possibles pour l'utilisateur final. Dans cette démarche, les interactions possibles dépendent du type des médias qui seront disponibles. En effet, on n'interagit pas de la même manière avec une image qu'avec un texte. Ce sont alors les types de média qui vont guider la construction des scénarios et donc la conception. Il est alors important de les identifier dès la collecte et la structuration des informations disponibles.

III.2. La méthode

L'objectif initial de la méthode MoHyCan²⁵ [Halin, Bignon et al. 1997a; Halin, Bignon et al. 1997b; Halin, Bignon et al. 1997c; Halin, Bignon et al. 1999], qui lui a donné son nom, était la modélisation hypermédia de catalogue électronique. Elle s'intéresse, comme les méthodes précédemment citées, à la modélisation d'hypermédia parcourant un ensemble d'informations structurées en classes dont les éléments (instances) peuvent changer. L'originalité de cette méthode est de mettre en avant les types de média afin d'identifier les types d'interactions possibles.

Elle utilise la notion de couches superposables («layer») utilisées dans les outils graphiques d'aide à la conception et connues des architectes. Pour l'obtention de ces différents niveaux de modélisation, la méthode propose trois phases, non forcément linéaires, de définition des objets de l'hypermédia (Figure 38) :

- La modélisation structurelle et médiatique de l'information (les objets de l'information) ;
- La modélisation navigationnelle (les objets des parcours) ;
- La modélisation de l'interface utilisateur (les objets de l'interface).

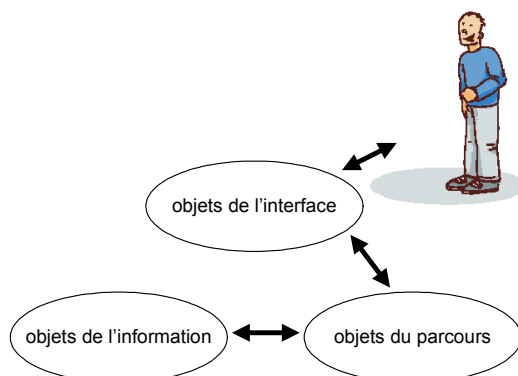


Figure 30 : Les objets de la modélisation hypermédia et leurs échanges

Cette architecture de modélisation d'un hypermédia s'apparente à la conception d'application interactive s'appuyant sur le paradigme ou patron de conception [Goldberg and Robson 1983; Gamma, Helm et al. 1994] MVC (Modèle, Vue, Contrôleur) du système Smalltalk que l'on retrouve actuellement dans la conception multi-niveaux des applications Web [Conallen 2000].

III.3. Les acteurs, le processus

Chacun des acteurs de la conception va intervenir à des moments précis sur tout ou une partie des modèles de la méthode. Les acteurs de la conception dans le cadre d'un hypermédia dédié à l'assistance à conception architecturale sont :

- Le spécialiste du domaine : un ou plusieurs architectes
- Le concepteur qui choisit les formes de parcours : l'architecte concepteur
- L'ingénieur spécialiste de la plate-forme de développement : un informaticien

²⁵ Pour MODélisation HYpermédia de CATalogue électroNIque.

- Le concepteur de l'interface : l'architecte concepteur et l'architecte graphiste

Le spécialiste du domaine va collaborer avec le concepteur sur la modélisation structurelle et médiatique de l'information. Le concepteur organise les objets des parcours dans la modélisation navigationnelle et soumet à l'ingénieur informaticien le résultat pour validation. Le graphiste propose une charte graphique au concepteur qu'il met en œuvre lors de la modélisation des objets de l'interface (cf. Figure 31).

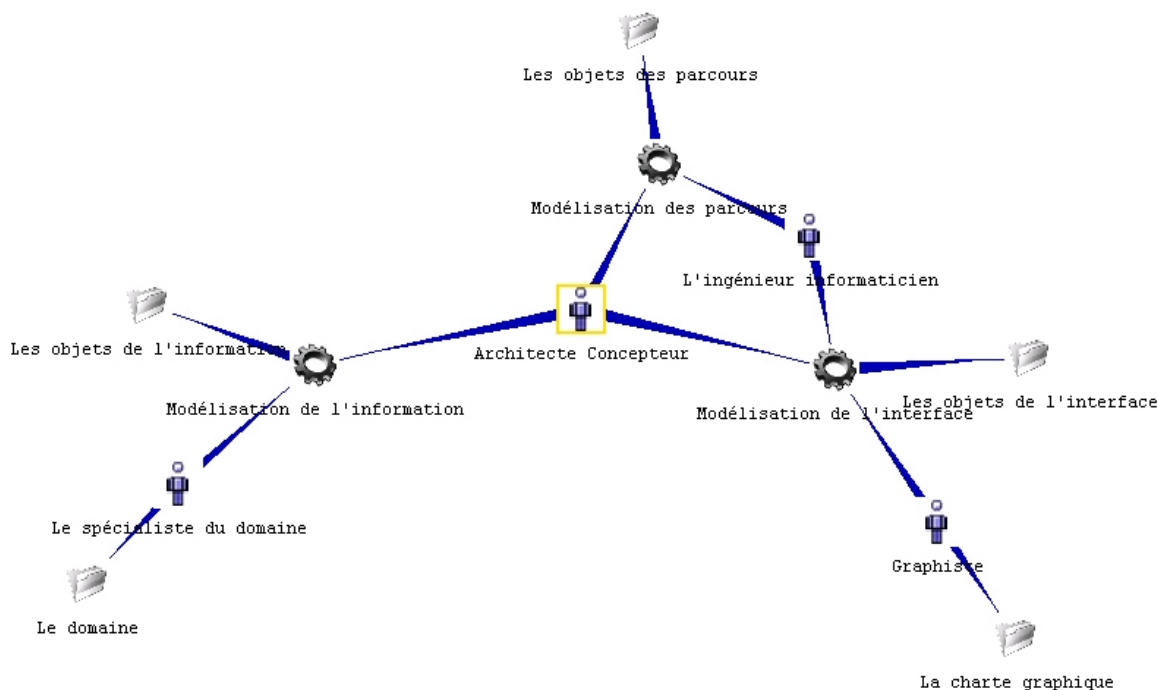


Figure 31 : Les acteurs, les activités, les documents de la méthode Mohycan

III.4. Les modèles

Trois modèles cohabitent dans cette méthode, chacun étant le résultat d'une activité de modélisation : le modèle structurel et médiatique de l'information, le modèle navigationnel et le modèle de l'interface.

Le modèle structurel et médiatique de l'information met en évidence les médias disponibles et les liens existants entre les différentes informations. Cette structuration met en évidence le potentiel des parcours et des modes de recherche qui peuvent être proposés.

Ce modèle sert aussi de support à la définition du modèle navigationnel par la définition des nœuds de parcours matérialisant les modes d'accès à l'information.

Le modèle de l'interface permet de construire la vue de l'utilisateur en définissant pour chacun des nœuds des parcours les éléments visuels et graphiques qui seront utilisés pour réaliser les différents écrans et fenêtres de l'interface

III.4.1. Le modèle structurel et médiatique de l'information : les objets de l'information

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. Le modèle de données utilisé s'inspire de celui du système MORE [Lucarellea, Parisotto et al. 1993], qui a pour principal intérêt d'offrir dès la modélisation des données un premier aperçu des parcours potentiels du futur hypermédia. Les types

de médias disponibles ont une représentation spécifique dans le schéma, ce qui permet leur identification dès la modélisation des données (cf.. Figure 32).

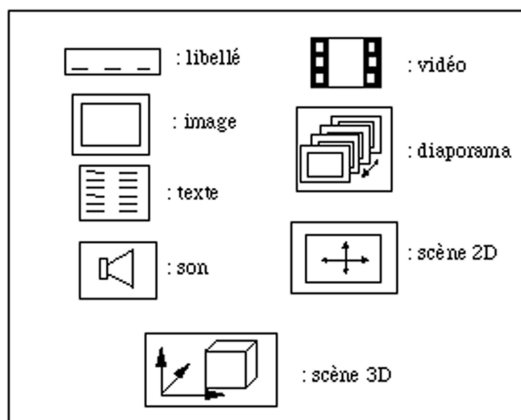


Figure 32 : Représentation graphique des différents types de médias.

Les liens sémantiques existant entre les objets de l'information sont de trois types (cf. Figure 33) :

- les liens d'association (une information est associée à une ou plusieurs autres informations),
- les liens de médiatisation (une information est médiatisée par un type de média)
- les liens de spécialisation (une information se spécialise en plusieurs autres sortes d'informations).

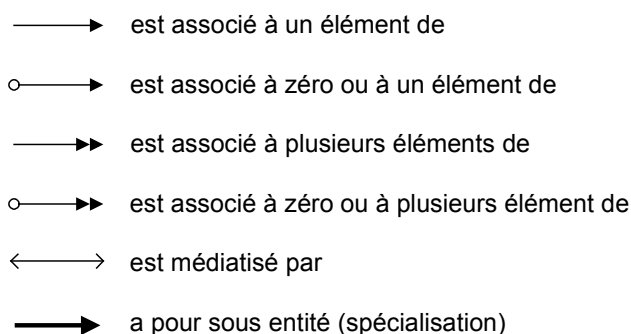


Figure 33 : Les liens sémantiques entre les types d'information

La représentation des liens d'association, de spécialisation, de médiatisation offre une première vue des possibilités de parcours que l'hypermédia pourra proposer. A noter que l'orientation du lien de spécialisation est inverse à celle habituellement utilisée afin de proposer une première vue sur les parcours. Prenons, par exemple, le cas d'un ensemble de musées contenant des salles dans lesquelles se trouvent des œuvres d'art (peintures ou sculptures), chacune illustrée par une image (photo de l'œuvre) et un texte descriptif (cf. Figure 34).

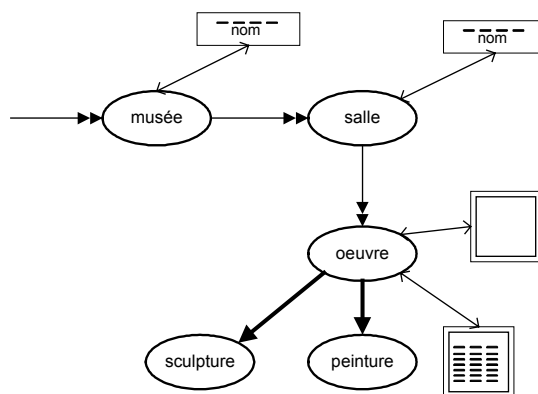


Figure 34 : Modèle structurel et médiatique des informations sur les musées.

Le schéma de la figure 34 et surtout l'orientation des liens, met en évidence que la forme de base des parcours potentiels permettant de voir les œuvres respectera le scénario suivant : "choisir un musée puis choisir une salle puis enfin visualiser une œuvre (soit une peinture, soit une sculpture) ou feuilleter l'ensemble des œuvres".

Le choix effectif de la forme finale des parcours de l'hypermédia fait l'objet de la construction du modèle navigationnel par la détermination des objets du parcours.

III.4.2. Le modèle navigationnel : les objets du parcours

Les objets du parcours sont représentés par des nœuds. Chaque nœud détermine un type d'interaction ou de parcours portant sur un ou plusieurs objets de l'information (cf. Figure 35). La représentation d'un nœud comporte plusieurs informations :

- son nom, identifiant le nœud et précisant la fonction réalisée,
- ses données d'interactions, types de médias sur lesquels l'utilisateur peut interagir (libellé, image, ...),
- ses données de parcours, données sur lesquelles la fonction du nœud prend ses informations. Ces données peuvent contenir des nœuds internes dans le cas où la fonction le nécessite,
- ses données informatives, données qu'obtient l'utilisateur par l'intermédiaire de la fonction,
- un ou plusieurs liens d'entrée et de sortie du nœud représenté sous forme de connecteurs.

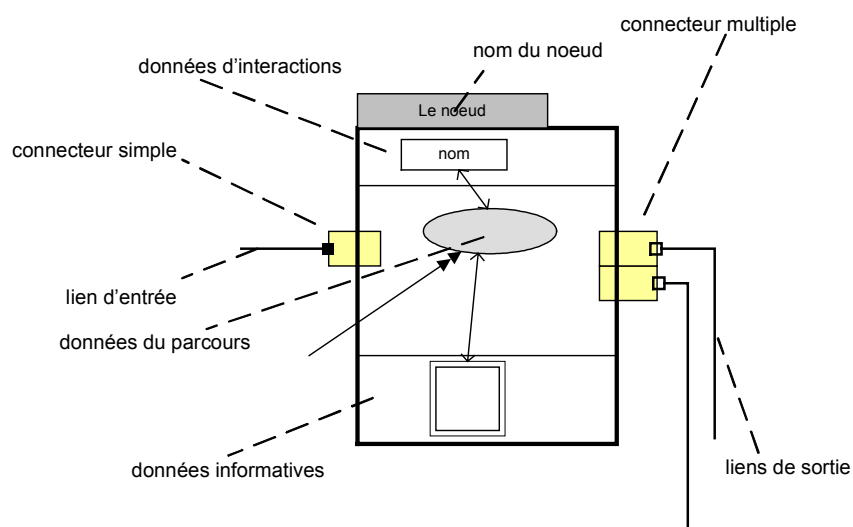


Figure 35 : L'objet des parcours : le Noeud

L'agencement des nœuds dépend fortement de l'organisation des objets de l'information. Le modèle navigationnel se superpose au modèle structurel et médiatique. La figure 36 met en forme un type de parcours où le choix d'un musée s'effectue par son nom et dès qu'un musée est sélectionné, le choix d'une salle par son nom est alors possible. Ces deux actions sont réalisées dans un même nœud, ce qui signifie que l'objet de l'interface (une fenêtre) qui sera utilisé pour réaliser cette fonction devra contenir les éléments nécessaires à la gestion de ces interactions. Le deuxième nœud indique que la sélection d'une salle dans le nœud précédent permet à l'utilisateur de visualiser les images des œuvres présentes dans cette salle et d'interagir avec une image d'une œuvre pour visualiser le texte associé.

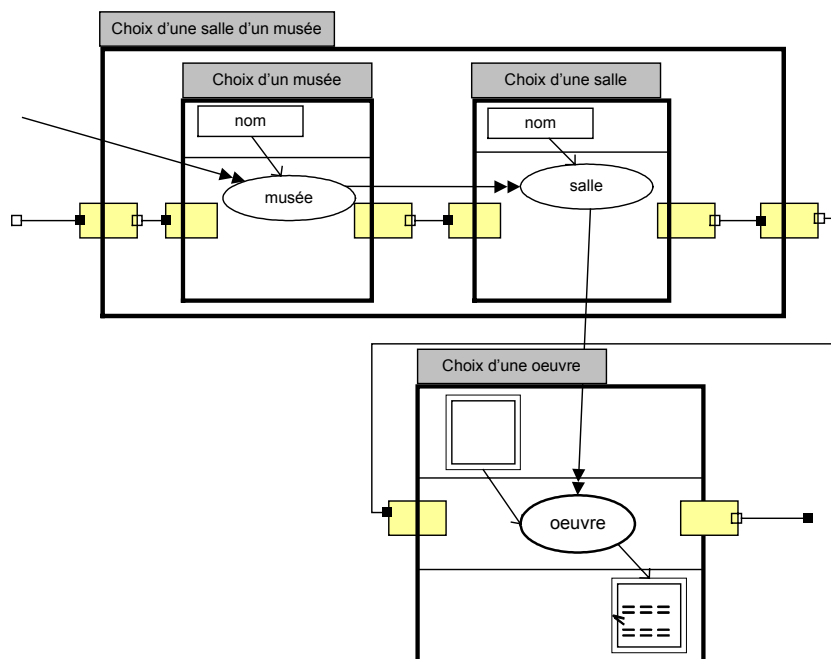


Figure 36. Modèle navigationnel sur les musées.

III.4.3. Le modèle de l'interface : les objets de l'interface

Les objets de l'interface matérialisent ce que manipulera l'utilisateur lors de ses parcours. En règle générale, un objet de l'interface est construit pour chacun des nœuds définis dans le schéma de navigation. La définition d'un tel objet consiste à placer, non forcément de manière précise, les constituants graphiques nécessaires à la réalisation de la ou des fonctions du nœud auquel l'objet d'interface est attaché. Ces constituants sont ceux généralement fournis dans les bibliothèques graphiques des langages de type "visual", à savoir : bouton, menu, fenêtre de type liste, fenêtre texte (cf.. Figure 37).

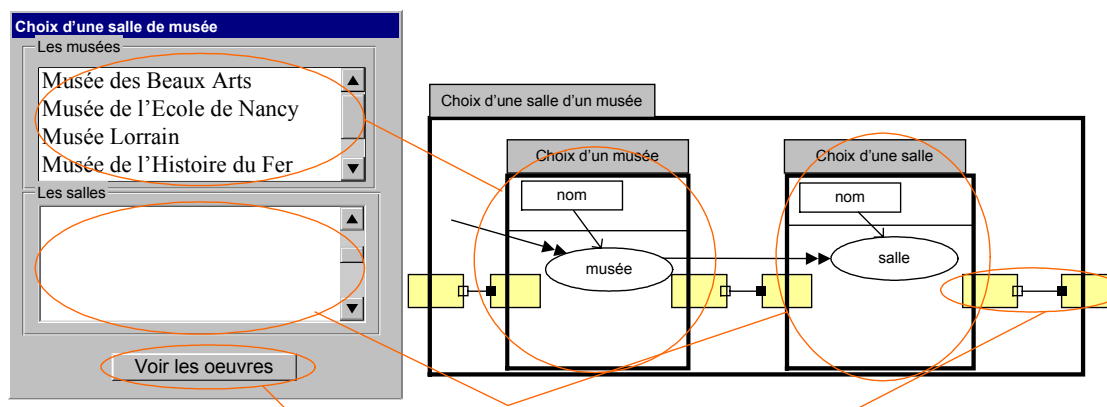


Figure 37 : Modèle de l'interface, mise en correspondance avec le modèle navigationnel

IV. Application de la méthode

Deux grandes utilisations de la méthode MoHyCan ont marqué son évolution. Elle a été utilisée dans un premier temps pour la modélisation de catalogues électroniques de produits sur CD-ROM. Cette utilisation a permis de mettre au point la forme initiale des modèles. La deuxième application, dans le cadre de la thèse de Celso Scaletsky, a permis de faire évoluer le modèle navigationnel et d'évaluer la capacité de la méthode à modéliser des applications Web.

IV.1 Les catalogues de produits

L'activité de conception et plus largement l'activité de construction dans le BTP participe à un système complexe d'échanges d'informations. La documentation technique sur les produits du bâtiment est une des composantes de ce système complexe d'échanges. Son rôle est d'informer et d'aider le concepteur à choisir le ou les produits adaptés à sa réalisation tout en véhiculant l'image de l'entreprise présentant ses produits.

IV.1.1. Structuration de l'information

Les informations portant sur les produits du bâtiment et sur ceux qui les fabriquent possèdent un caractère multidimensionnel. Elles sont :

- multi-média : un produit peut être décrit par une image, une vidéo, une représentation en 3D, un texte, un son ...
- multi-lingues : la documentation doit pouvoir être consultée par des architectes ou des prescripteurs de culture linguistique différente.
- multi-vues : les produits peuvent être présentés suivant plusieurs points de vue : descriptif, exécutif (mise en œuvre), prescriptif, normatif ... Une société possède plusieurs facettes : commerciale (slogan, logo, références), catalogue (gammes, produits), adresses (ses sites de vente ou de fabrication) ...
- multi-cultures : les produits proposés proviennent de plusieurs fabricants d'origine culturelle différente.

La gestion et la manipulation de ce type de documentation nécessitent l'utilisation d'un outil permettant la consultation, la visualisation, l'exploration, la recherche et l'exportation d'informations multimédia. Les technologies hypermédia sont adaptées à ce type de manipulation d'informations si elles reposent sur une organisation cohérente de l'information.

Ainsi, l'information principale qui est manipulée est la société représentant un fabricant de produits. La culture bâtiment étant différente d'un pays à un autre, l'information attachée à une société est elle aussi dépendante du pays. Cette information englobe la description de l'entreprise mais celle aussi sur ses gammes et ses produits. La mise en forme de l'information est effectuée dans la langue propre du pays concerné.

L'information multimédia est présente dans toutes les facettes descriptives d'une société. Par exemple, l'information sur les gammes ou sur les produits est structurée sous la forme d'un ensemble de descriptions illustrant les principales propriétés d'une gamme ou les points de vue d'un produit (cf. Figure 38). Une description est une organisation hiérarchique qui se définit de la manière suivante : elle peut être soit documentée (elle contient un ensemble de documents), soit structurée (elle contient un ensemble de descriptions qui peuvent être chacune à leur tour soit documentée, soit structurée).

Quoique chaque gamme ou chaque produit possède une image qui l'illustre, l'information multimédia se situe essentiellement au niveau de l'entité document contenu dans une description documentée. Le document représente l'information élémentaire qui peut être consultée, mais aussi l'unité d'échange entre outils participant au processus de conception architecturale.

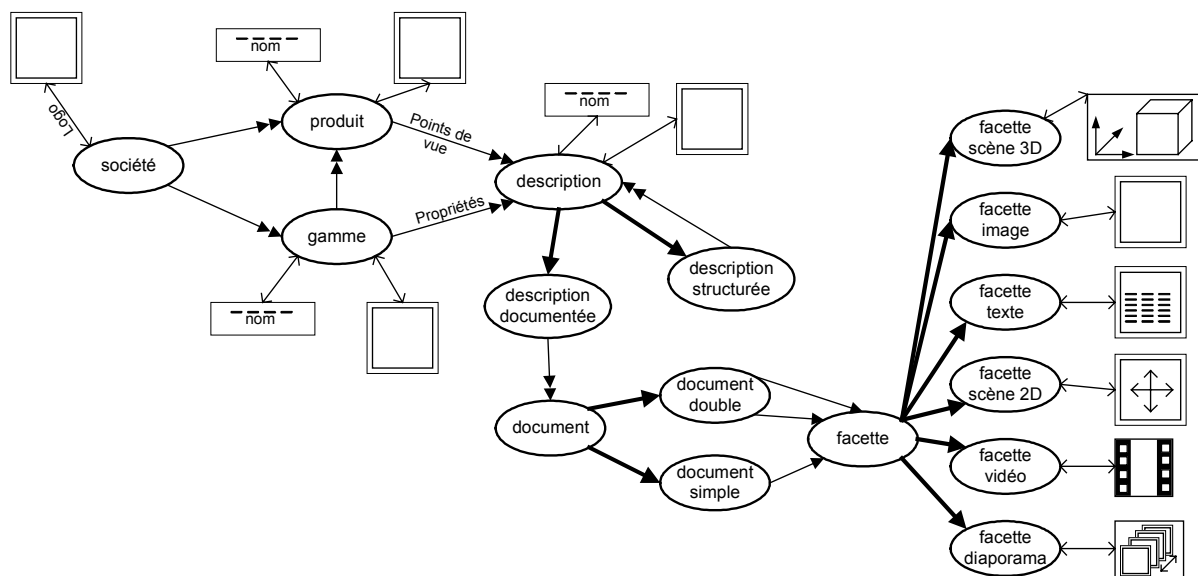


Figure 38 : Le modèle structurel et médiatique des produits d'une société

Un document peut être associé à un son et avoir un ou deux constituants appelés facettes. Une facette est liée à une information multimédia : vidéo, image, texte, diaporama, scène 2D (quicktimeVR), scène 3D (DXF, VRML ..).

IV.1.2. Représentation des parcours

Les parcours que nous avons définis s'appuient sur un agencement de nœuds typés. Un nœud permet à l'utilisateur de manipuler de l'information au travers d'une fonction prédéfinie. Par exemple, le feuilletage d'un ensemble de documents va être représenté par un nœud dont la fonction est le feuilletage et l'information, un ensemble de documents. L'ensemble des nœuds et leurs liaisons définissent aussi le graphe des états de l'hypermedia.

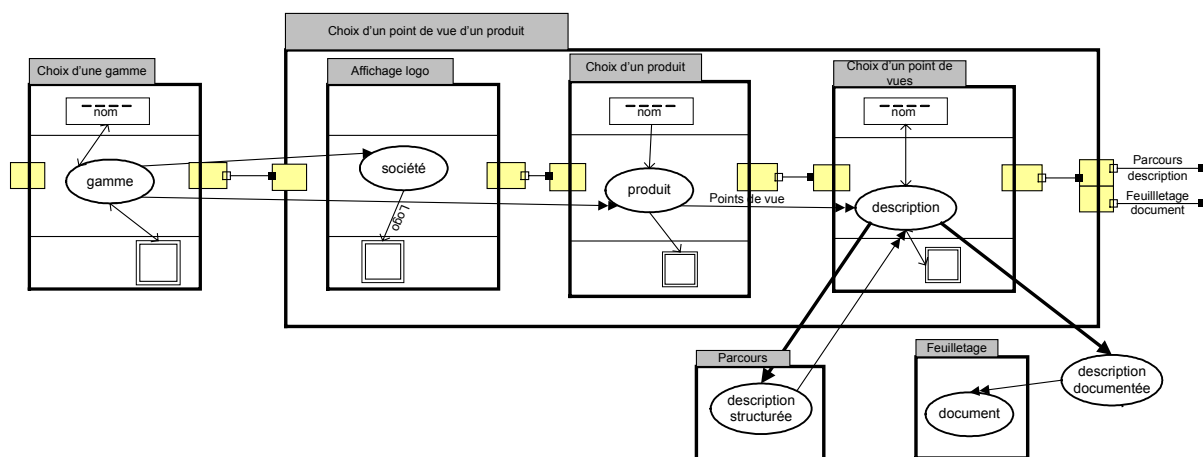


Figure 39 : Parcours d'une gamme de produits (extrait)

Le parcours modélisé dans la figure 39 indique que l'on choisit une gamme par son nom. Une image représentative est alors affichée puis, par l'activation d'un bouton (événement utilisateur), une nouvelle fenêtre apparaît permettant la visualisation des points de vue des différents produits de la gamme. Cette fenêtre contient le logo de la société, une liste de nom produit et la liste des points de vue du produit sélectionné. Puis, suivant le type de la description du point sélectionné, l'utilisateur peut, soit feuilleter les documents associés au point de vue, soit parcourir la hiérarchie des points de vue.

IV.1.3. L'interface utilisateur

L'application DOMITEC [Bignon and Halin 1995] a été le champ d'expérimentation de cette structure hypermedia de la documentation. Une partie des fonctions présentées précédemment a été réalisée. Cette application réalisée par Pascal Humbert dans un environnement multimédia multi-plateforme [Humbert 1996] est un outil générique de présentation d'un catalogue de produits. L'écran de la figure 40 montre les objets de l'interface qui ont été choisis pour visualiser les informations du nœud de parcours «choix d'un point de vue d'un produit» de la figure 39. On y retrouve le choix d'un produit par son nom et l'affichage de l'image et de la liste des points de vues du produit choisi.

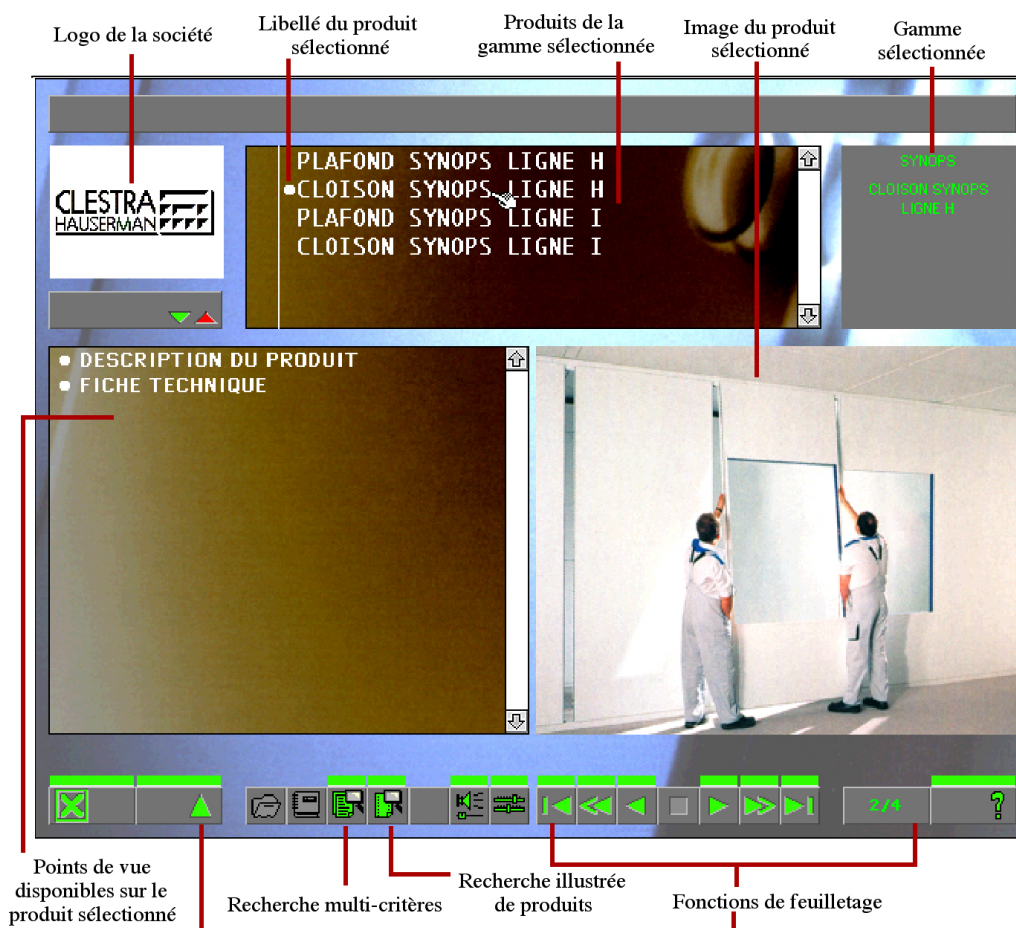


Figure 40 : L'interface de l'application DOMITEC

Cet outil a en particulier été utilisé par la société CME²⁶ pour la réalisation et l'édition du catalogue sur CD Rom de la société Rehau (fabricant de menuiseries en PVC).

Un deuxième outil «Servitec» développé par Ghislain Sillaume [Sillaume and 1997] sous la forme d'un prototype, propose, à partir de la modélisation de DOMITEC et en utilisant la technologie Web, un environnement de développement de catalogue multimédia en ligne.

IV.2. La gestion de références en phase initiale de conception

La seconde utilisation importante de la méthode a été la spécification du prototype proposé par Celso Scaletsky dans le cadre de sa thèse sur «le rôle de la référence dans la conception initiale en architecture» [Scaletsky 2003]. L'objectif du prototype «Kaléidoscope» est de permettre à un architecte

²⁶ Conception Multimedia pour l'Entreprise

de se construire une base de références imagée qu'il organise et structure progressivement. L'architecte peut ensuite, lorsqu'il est dans la phase initiale de projet de conception, parcourir cette base, en utilisant plusieurs formes de navigation, afin de stimuler son imaginaire par la visualisation de ses propres références conceptuelles et imagées.

Celso Scaletsky a alors joué le rôle de l'architecte concepteur (cf. Figure 31).

IV.2.1 Modélisation structurelle et médiatique

L'élément central des informations manipulées est «la référence». Chaque référence est décrite par des concepts illustrés appartenant à un thesaurus visuel, par des mots-clés libres et par un texte. Elle est associée à une ou plusieurs images, les «i-références». Chaque image est décrite par un ensemble de propriétés soit générales (source, lieu, auteur,...), soit architecturales (type projet, style, ...). L'application est dédiée à plusieurs utilisateurs qui possèdent et partagent des références et des thesaurus (cf. Figure 41).

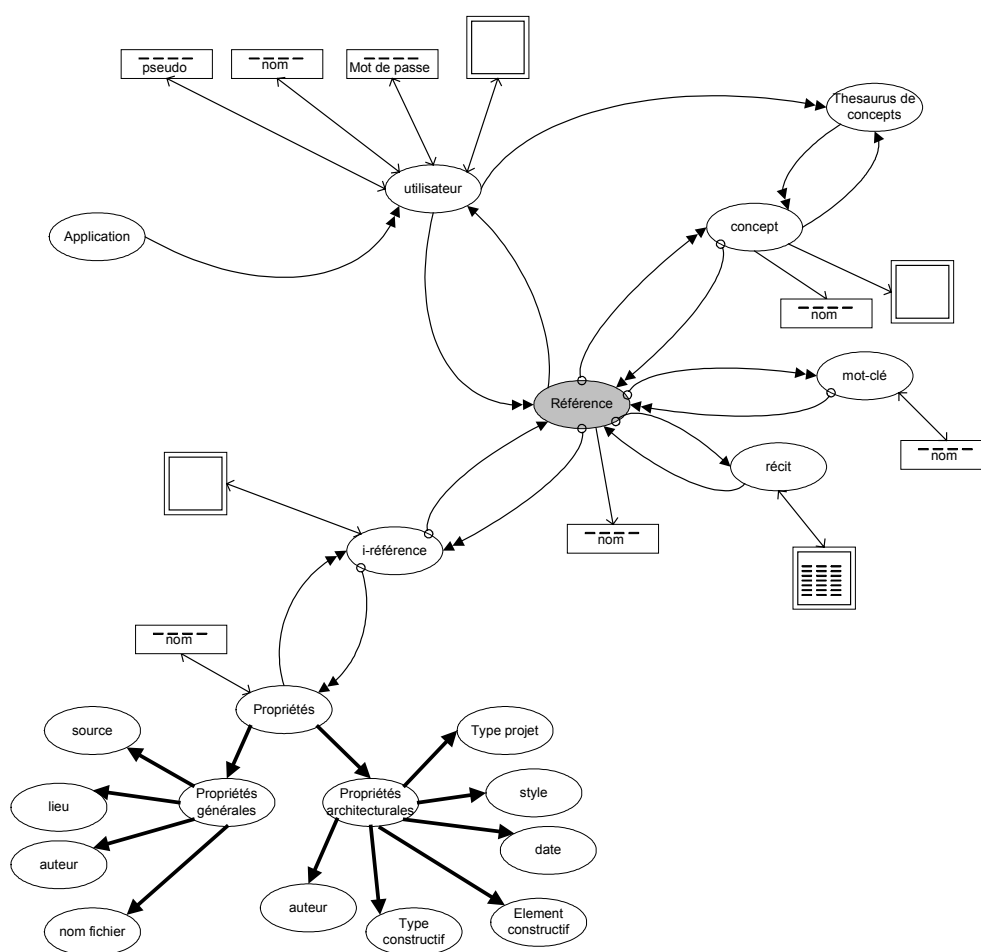


Figure 41 : Les objets de l'information de l'application «Kaléidoscope»
(extrait de [Scaletsky 2003])

IV.2.2. Modélisation navigationnelle

Deux formes de parcours ont été modélisées dans le cadre de l'application «Kaléidoscope» :

- La création de références,
- La navigation dans les références.

La figure 42a montre les deux parcours disponibles à partir de l'accès par le nœud accueil. L'utilisateur fournit deux informations (données d'interaction) : son pseudo et son mot de passe. A partir de ce moment, l'utilisateur peut choisir deux «chemins» : soit aller au nœud *Création des Références* soit aller au nœud *Navigation*. Ce choix est représenté par le connecteur multiple – à droite du nœud *accueil*.

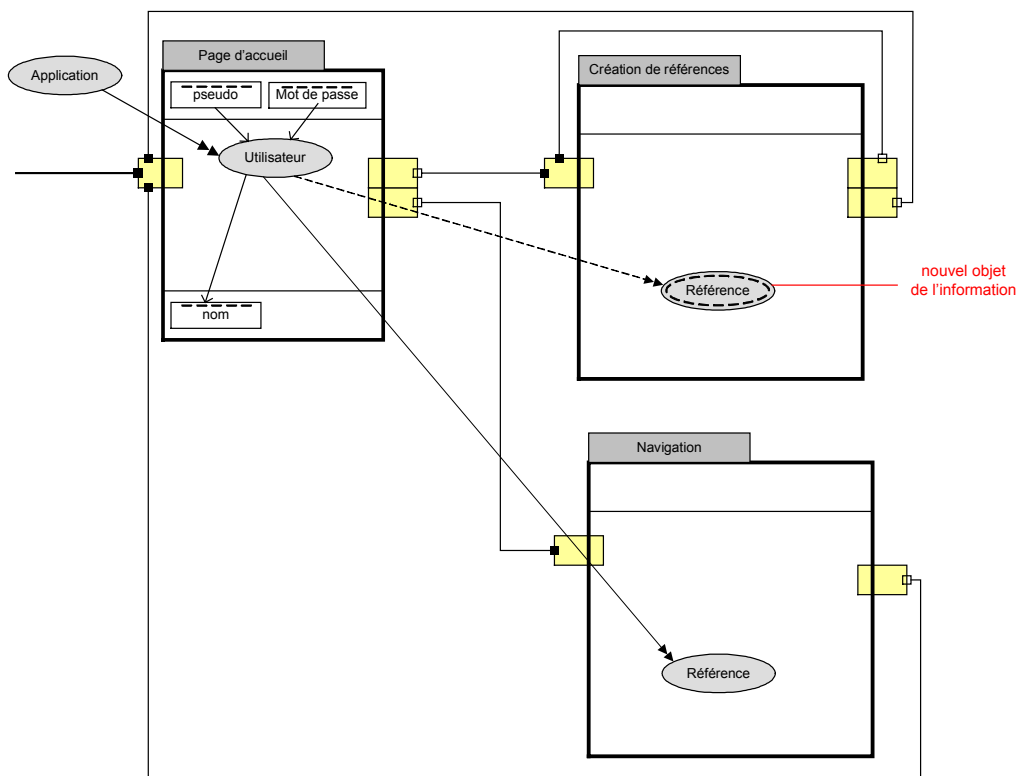


Figure 42a : Les deux principales forme de parcours de «Kaléidoscope»
(extrait de [Scaletsky 2003])

Le nœud *Navigation* (cf.. Figure 42b) permet à l'utilisateur de parcourir ses références avec l'intention de trouver des éléments stimulant sa création. Ce nœud possède quatre nœuds internes :

- *Construction de la requête* : ce nœud permet la formulation d'une requête qui va sélectionner un ensemble de références.
- *Recherche et affichage d'une liste de références* : sélectionne et affiche la liste de références qui satisfait la requête ou qui correspond à la sélection d'un concept, d'un mot clé ou d'une propriété sélectionné au moment de la visualisation d'une référence.
- *Visualisation d'une référence* : présente la référence choisie dans la liste de références ou dans l'historique.
- *Visualisation de l'historique* : visualise toutes les références qui ont été manipulées dans le nœud *Visualisation*. La liste des références visualisées est ordonnée chronologiquement.

Le cadre de cette modélisation des parcours a permis de faire évoluer la méthode par une définition plus claire des liens entre les nœuds au travers de la matérialisation de connecteur. La prise en compte des créations d'objets de l'information, comme ici la *référence* dans la figure 42b et la *requête* dans la figure 43, est matérialisée par une notation en pointillé. Ces éléments étendent les possibilités de modélisation de la méthode tout en gardant son caractère «abordable» par des non informaticiens.

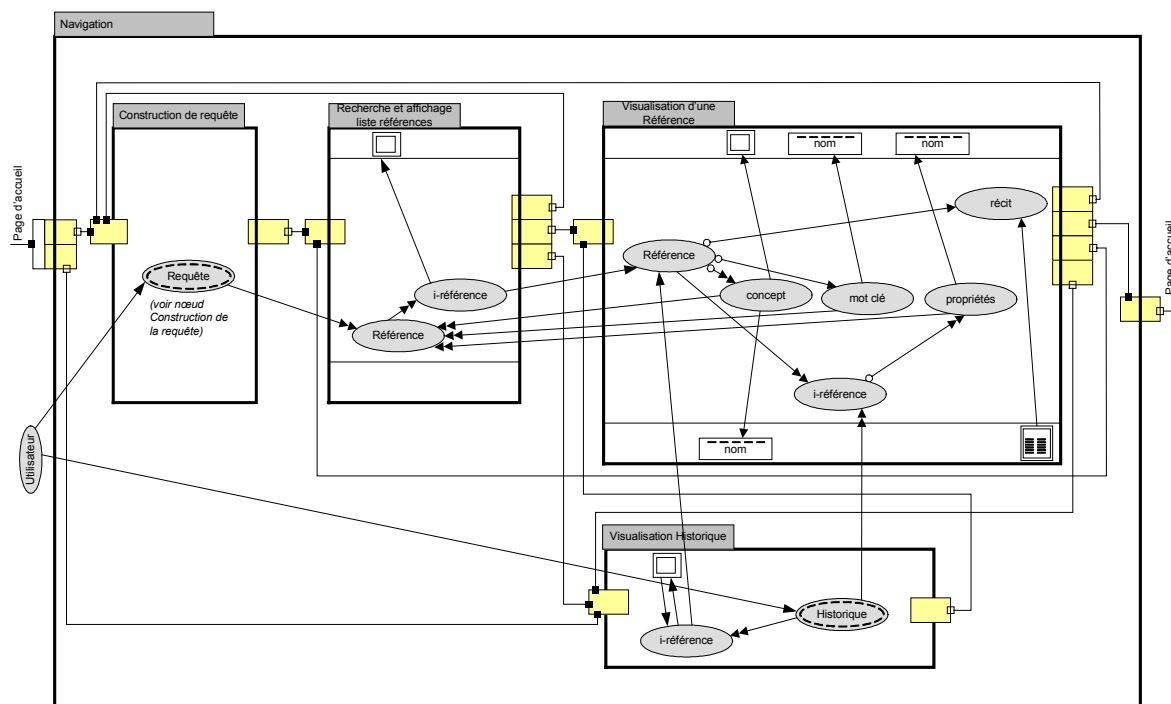


Figure 42b – Le nœud Navigation et ses nœuds internes (extrait de [Scaletsky 2003])

D'autres parcours ont été modélisés et présentés dans [Scaletsky 2003]. En parallèle à cette modélisation, l'architecte concepteur a défini une charte graphique, puis une proposition d'interface, qui a été confrontée au modèle navigationnel.

IV.2.3. L'interface Web de Kaléidoscope

L'application «Kaléidoscope» étant destinée à être manipulée à distance pour favoriser le partage des références, une architecture Web a été choisie. Celle-ci a été développée par Eric Vion²⁷ en PHP associé au SGBD MySQL [Scaletsky, Schatz et al. 2002].

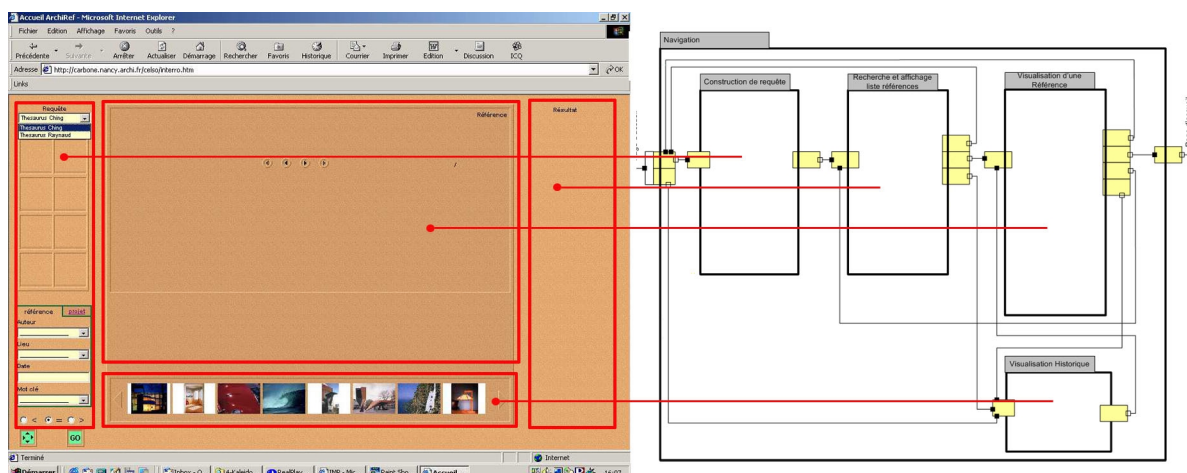


Figure 43 : La structure de la page web, objet de l'interface associée au nœud «navigation» (extrait de [Scaletsky 2003])

²⁷ Eric Vion est docteur en informatique et ingénieur de recherche à l'Ecole d'Architecture de Nancy

La figure 43 présente la structure choisie pour l'objet d'interface du nœud *navigation* où l'on retrouve la visualisation des quatre nœuds internes. La Figure 44 met l'accent sur la représentation du nœud *visualisation d'une référence* associée à ces caractéristiques : la ou les i-références (image), les concepts illustrés, ses propriétés, son récit. Les types de média interactifs sont les imagerie des concepts illustrés, le nom d'un mot-clé, la valeur d'une propriété. En cliquant sur l'un de ces éléments, le système propose une nouvelle liste de références décrite par l'élément sélectionné.

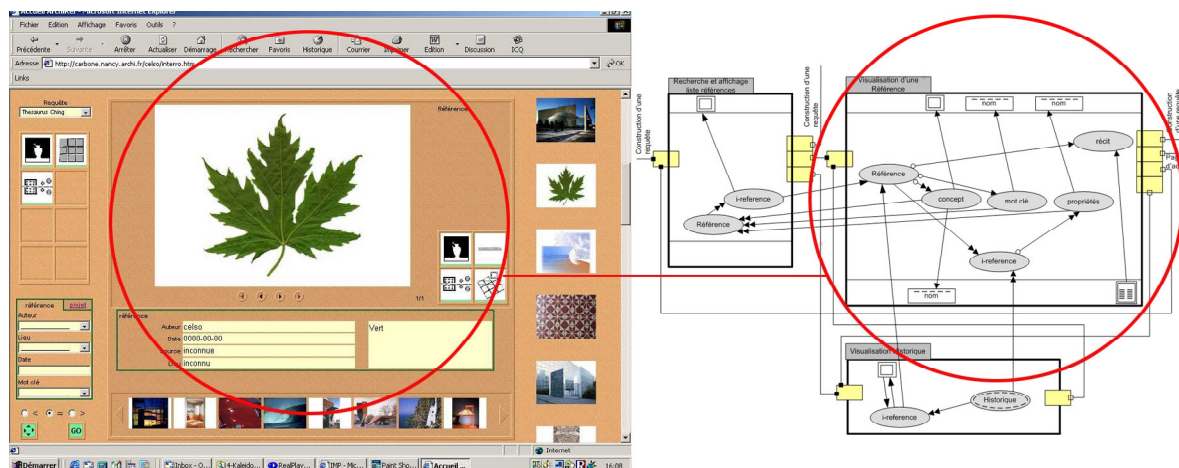


Figure 44 : La visualisation d'une référence

Cette réalisation a démontré que les trois niveaux de modélisation de la méthode s'adaptent bien à la réalisation d'application Web associée à un SGBD. Ces dernières applications, dites en *3 tiers*, comportent elles aussi une couche *interface utilisateur*, une couche *contrôle* et une couche *données* (cf. Figure 45). Les trois modèles de la méthode MoHyCan constituent respectivement des guides pour la définition des trois couches d'une application Web.

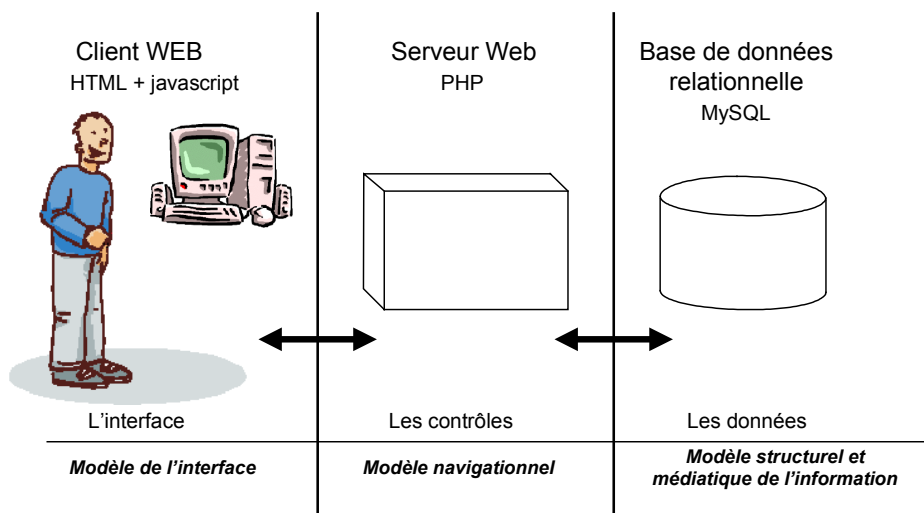


Figure 45 : Correspondance entre les 3 tiers d'une application Web et les trois modèles de la méthode MoHyCan

V. Conclusion

La technologie de l'*hypermédia* a révolutionné les formes d'accès à l'information. Son utilisation pour l'accès à l'information dans le cadre de la conception architecturale est en pleine croissance. Les méthodes proposées nécessitent un investissement encore important et une compréhension de concepts informatiques non négligeables (types de données, traitement événementiel, ...). Or, dans le domaine de l'architecture et certainement dans beaucoup d'autres, les concepteurs des outils sont des personnes provenant du domaine visé et non forcément spécialiste de la conception de logiciel. L'*hypermédia* étant l'outil prédisposé à mettre en évidence la connaissance d'un domaine, les méthodes de conception associées doivent donc être proches des préoccupations des concepteurs.

La méthode que nous avons proposée s'inscrit dans cette vision de la conception d'*hypermédia*. Sa mise à l'épreuve dans plusieurs formes de conception d'*hypermédia* a contribué à son évolution et à montré qu'elle était facilement prise en main par les architectes ou étudiants en architecture. Elle participe à la gestion du dialogue entre l'informaticien, le graphiste, le spécialiste du domaine et l'architecte concepteur. Les modèles proposés fournissent les traces nécessaires à toute conception et à la compréhension de son évolution.

Cette méthode évolue au fur et à mesure des applications. La part grandissante des applications Web et des méthodes de conception associées est génératrice d'éléments de réflexion sur une meilleure intégration de l'identification des besoins, sur la modélisation de l'adaptabilité aux différents types d'utilisateurs et sur la proposition d'outil dit de CAO et non de DAO.

Les outils de génie logiciel s'appuyant sur les travaux de l'OMG sur la méta-modélisation (cf. Chapitre 2, § III.2) permettront peut être un jour de proposer un outil CAO dédié aux hypermédiats et basé sur UML. Nous verrons dans le dernier chapitre de ce mémoire que ces deux technologies (*hypermédia* et méta-modélisation) nous seront encore utiles à la définition d'un cadre de coopération orienté conception.

Chapitre 4. L'image comme support à la recherche d'information et à la veille technologique

I. Introduction

Nous avons vu dans le chapitre précédent comment proposer et organiser de l'information sous forme d'hypermédia pour assister le concepteur dans sa démarche. L'accès par navigation, proposé par ce type d'outil, répond partiellement à un type de besoin particulier, dit progressif, présent à la fois dans les étapes initiales et plus avancées de la conception. Cette réponse est partielle car l'outil hypermédia génère une désorientation cognitive qui ne favorise pas une progression linéaire vers l'information pertinente recherchée. Cette forme de besoin, caractérisée par une définition initiale peu précise, voire floue, n'est pas non plus couverte par les modes de recherche classiquement utilisés dans les outils de recherche d'informations qui reposent sur une expression multi-critères du besoin. La recherche d'information dédiée à l'assistance à la conception nécessite de s'intéresser à d'autres formes de recherche d'informations.

L'étude des démarches cognitives impliquées dans le processus de conception a montré que l'image joue un rôle important (cf. Chapitre 1). Elle est un facteur stimulant la création et l'imagination. Elle est aussi un des supports de représentation de la solution. Les travaux décrits dans ce chapitre visent à mettre en place des méthodes et des outils de recherche par l'image utilisant au mieux les potentialités de ce média et les aptitudes des concepteurs (ici les architectes) à raisonner à partir de figures visuelles. Ces travaux font suite à ceux réalisés dans notre thèse sur la recherche d'images par apprentissage [Halin 1989]. Ils proposent un champ d'application concret aux méthodes proposées.

La veille technologique est aussi un besoin essentiel de tout concepteur. L'image, associée à l'utilisation des informations présentes sur le Web, représente une réponse possible à cette forme de besoin. L'extraction et l'indexation d'images provenant du Web décrites dans ce chapitre visent à la fois à couvrir ce besoin tout en fournissant de nouvelles images aux outils de recherche d'informations par l'image.

II. Recherche d'informations par l'image

II.1 L'image et la conception architecturale

Chez les architectes, l'image (dessin, photo, ...) joue un rôle clef dans les mécanismes de la conception. L'image est à la fois une matière première à la création, mais aussi une manière de voir et de percevoir un problème. L'image assure également une fonction patrimoniale dans la constitution et la transmission des doctrines et des espaces de références architecturaux. Les modèles sont transmis sous forme d'image. Cette culture du visuel conduit les architectes au développement d'une intelligence spécifique que l'on peut nommer visuo-spatiale [Gardner 1992] dans laquelle de nombreux mécanismes de raisonnement se construisent «par l'image». L'image joue ainsi un rôle majeur dans un mode de raisonnement qui est essentiellement abductif [Bignon 2002].

Face à ces remarques, il semble important d'étudier les utilisations possibles de l'image pour l'accès à l'information tout au long du processus de conception architecturale, que ce soit à l'émergence de l'idée ou pendant la conception et la réalisation du projet en passant par la communication au sein de l'équipe de conception ; cette problématique est celle du projet ConceptImage [Halin, Bignon et al. 2003].

Une première utilisation de l'image comme support à la recherche d'informations a été étudiée et expérimentée ; elle se place dans le cadre de la problématique sur l'accès à l'information technique par

l'image et plus particulièrement l'accès à l'information sur les produits du bâtiment [Nakapan 2003]. La seconde approche utilise l'image comme support à la recherche de références soit, dans la conception initiale [Scaletsky 2003], soit dans la recherche d'une solution constructible liée à l'utilisation d'une technologie précise [Kacher, Halin et al. 2003].

II.2. La recherche d'information par l'image

La recherche d'information par l'image (RIIM) utilise la recherche d'images (RIM) pour la formulation du besoin (cf. Figure 46). L'utilisateur en choisissant et rejetant des images formule son besoin. Le choix en images est alors analysé pour construire une requête permettant la sélection des produits. Pour que ce processus fonctionne, il faut que les vocabulaires utilisés pour indexer les images et les produits soient les mêmes.

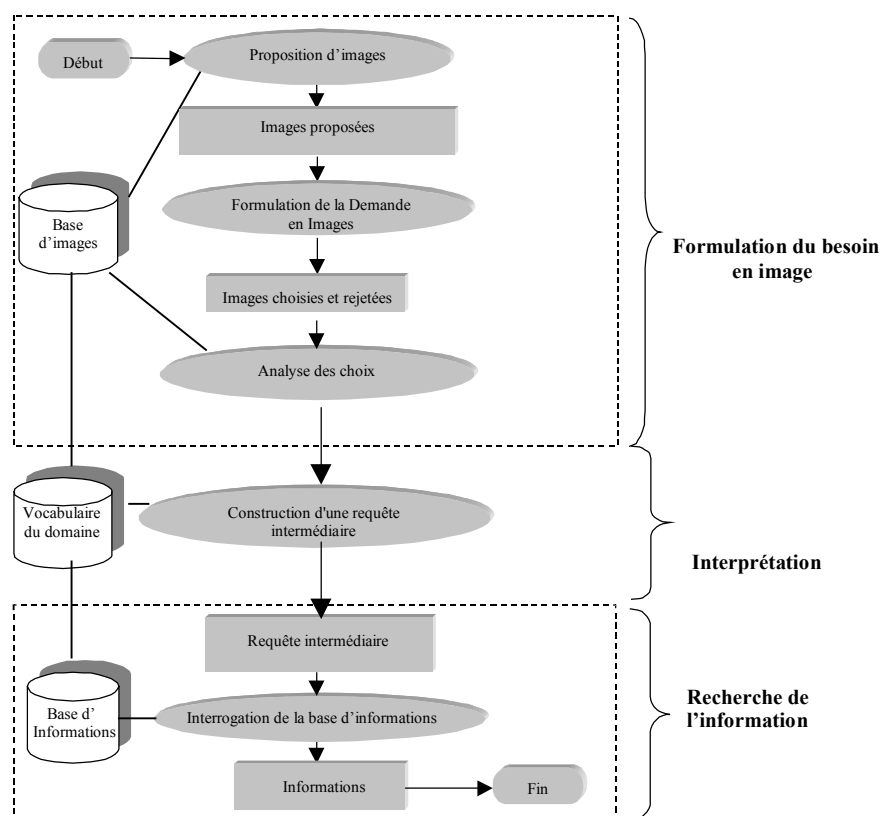


Figure 46 : Processus de recherche d'informations par l'image

C'est cette forme de recherche d'informations qui a été mise en œuvre dans la recherche de produits, mais aussi dans la recherche de références qui sont présentées dans les paragraphes suivants. Ce mode de recherche peut être appliqué à toutes formes de recherche d'informations où l'information recherchée possède une représentation concrète pouvant être présente dans une image. En règle générale, la base d'informations existe a priori et c'est la recherche par l'image que l'on vient greffer sur le système existant pour offrir une formulation par l'image.

La réalisation de ce processus de recherche nécessite la mise en adéquation des images proposées avec l'information recherchée. Les images contenues dans la base d'images doivent être représentatives des informations disponibles et être indexées avec le même vocabulaire ou un sous-ensemble du vocabulaire utilisé pour indexer les informations. Les étapes nécessaires à cette réalisation sont alors les suivantes :

1. Identifier les besoins couverts par la recherche par l'image.

2. Définir les types d'images pertinentes à la recherche d'informations concernée.
3. Définir le vocabulaire qui sera utilisé pour décrire ces images.
4. Collecter un ensemble d'images représentant potentiellement l'ensemble des informations proposées.
5. Indexer chacune des images.

Chacune des applications de la recherche par l'image que nous allons décrire par la suite a suivi cette démarche.

II.3 Formulation du besoin en images

La formulation du besoin en images utilise un système de recherche d'images dit «sémantique» (expression du signifiant) par opposition aux systèmes de recherche «par le contenu» ou «par similarité»²⁸ (expression du signifié). Cette forme de recherche nécessite une indexation sémantique des images par l'expression des concepts qu'elle décrit. Ce choix se justifie par la préexistence d'une base d'informations et d'un vocabulaire associé, mais aussi par l'insuffisance actuelle des méthodes d'indexation par le contenu à reconnaître des éléments visuels dans un corpus d'images variées.

II.3.1 La recherche d'images par le contenu

La recherche d'images par le contenu s'est fortement développée dans les années 90 avec l'apparition des grandes bases de données d'images et l'arrivée des moteurs de recherche sur Internet. La recherche par similarité visuelle a pour finalité d'indexer automatiquement un grand nombre d'images et de proposer des techniques de recherche performantes. Il est à noter cependant que même si cette technologie utilise les résultats de recherche en analyse et reconnaissance de formes appliquées à l'image, la problématique est quelque peu différente. Comme le nombre d'images à analyser et à mettre en correspondance avec une requête est très important, les informations obtenues par l'analyse servent alors d'index à la recherche. Ces éléments d'indexation ne peuvent être qu'un résumé ou qu'un sous-ensemble, des informations potentiellement extractibles par les techniques d'analyses d'images. Ces recherches se focalisent alors sur la forme à donner aux éléments d'indexation et aux algorithmes de mise en correspondance. C'est pourquoi, ce domaine de recherche est en pleine croissance et ne cesse de progresser conjointement aux recherches réalisées en analyse d'images.

Le principe de cette forme de recherche est d'utiliser les caractéristiques physiques de l'image comme la couleur, les textures, les formes comme éléments d'indexations représentés sous la forme de vecteurs multidimensionnels ou de signatures [Aslandogan and Clement 1999; Del Bimbo 1999]. Les applications visées sont celles qui couvrent un domaine très précis comme l'identification de portraits ou d'empreintes digitales [Fleuret and Boujemaa 2000] ou très large comme la recherche d'images sur le Web [Gevers and Smeulders 1999]. La première forme d'applications est caractérisée par des images très similaires, la seconde par des images très variées. Les expérimentations que nous avons menées [Kacher, Halin et al. 2002; 2002] en utilisant une base d'images illustrant des projets en architecture et un système de recherche d'images par similarité [Duffing 1999], ont montré les limites de ces approches. Lorsque les objets présents sur les images sont suffisamment variés et qu'une identification automatique est impossible, la recherche d'images par le contenu perd rapidement toute cohérence. La similarité d'image ne suffit plus et l'apport d'une description sémantique est nécessaire à l'établissement d'un dialogue avec l'utilisateur.

II.3.2. La recherche sémantique d'images

La recherche dite «sémantique» d'images s'appuie sur une indexation textuelle ou symbolique de l'image. Le document d'indexation peut se résumer à une liste simple de mots-clés ou être plus fortement structuré en facettes ou couches elles-mêmes découpées en champs. Les derniers modèles proposés sont très riches et une grande partie des informations liées à l'image y est présente [Belkhatir

²⁸ «Content-based image retrieval » terme usuel en anglais.

2003]. L'une des principales difficultés à surmonter est le temps d'indexation d'une image qui demeure incompressible. En effet, même si une indexation automatique est possible lorsque chaque image est associée à un texte qui la décrit, celle-ci sera toujours incomplète et de qualité descriptive inférieure à celle que pourrait obtenir manuellement un spécialiste du domaine.

Par contre, plus les indexations symboliques sont complètes, plus un système de recherche d'images peut établir avec l'utilisateur un dialogue riche et productif [Halin, Créhange et al. 1990]. La recherche sémantique d'images est alors utilisée lorsque le domaine d'application est suffisamment circonscrit sans être nécessairement trop spécialisé et où les concepts du domaine (les connaissances) sont structurés sous la forme d'un thesaurus. Les bases d'images utilisées sont de taille moyenne, elles ne rentrent pas dans la catégorie des «banques d'images»²⁹.

Le modèle EMIR² [Mechkour 1995] possède un modèle d'indexation symbolique que l'on pourrait qualifier de «riche». A la manière du modèle EMIR que nous avons présenté dans le chapitre 2, la description des objets, ici les images, est découpée en plusieurs facettes :

- La facette physique qui décrit les caractéristiques générales de l'image (dimension, format, résolution,...).
- La facette structurelle qui décrit la décomposition de l'image en «objets images» et aussi la composition de ces objets.
- La facette spatiale qui décrit les «objets images» sous la forme d'«objets spatiaux» par leur forme et leurs relations géométriques.
- La facette symbolique qui décrit chaque «objet image» par un «objet symbolique» possédant des propriétés. Les relations symboliques entre les objets sont elles aussi décrites ici.

Le résultat de cette description est sans aucun doute un objet complexe qui ne facilite pas le travail de la personne qui doit indexer les images, car au regard de l'état actuel des recherches en analyse d'images, cette tâche d'indexation ne peut être réalisée que par un être humain. Cette complexité du document d'indexation influe notamment sur la complexité des algorithmes de mise en correspondance entre requête et document descriptif et donc sur les performances du système de recherche. Il paraît alors clair que ces types de modèle soient destinés à de petites bases d'images où la richesse de la description est importante.

II.3.3 La recherche mixte d'images

Cette dernière forme de recherche d'images propose de mixer les deux approches précédentes en associant aux éléments descriptifs visuels une description symbolique.

G. Duffing a mis en œuvre une recherche thématique-visuelle [Duffing 1999]. Cette forme de recherche part du principe que les images représentant un même thème possèdent des caractéristiques visuelles similaires. Dans le cas d'un corpus partiellement indexé de manière symbolique, l'indexation par des critères visuels permet de retrouver, lors d'une recherche thématique, des images non indexées par des thèmes. Seule une partie du corpus peut alors être indexée. Les évaluations du système, qui ont été principalement effectuées sur des corpus d'images hétérogènes, révèlent des résultats encourageants malgré un très faible taux d'indexation thématique (seulement de 5 à 20 % d'images). Les expériences que nous avons menées avec des corpus plus homogènes sont, quant à elles, moins éloquentes.

Les approches de recherche d'images présentes sur le Web reposent généralement sur ce principe de mixité. Les indexations des images sont principalement effectuées sur les éléments visuels puis complétées par une indexation automatique des urls des images, de la légende et du texte présents dans la balise HTML «IMG». Ces systèmes, comme le système WebSeek [Smith and Chang 1996; Rui,

²⁹ Very large data-base

Huang et al. 1998], utilise le bouclage de pertinence³⁰ [Rui, Huang et al. 1998] sur les critères visuels pour proposer de nouvelles images à partir de la sélection d'une image. Là encore ces approches rentrent dans le cadre de la recherche dans une banque d'images hétérogènes.

Le modèle EMIR³ [Belkhatir 2003] se propose d'étendre le modèle EMIR² en lui ajoutant une facette signal qui décrit par l'intermédiaire d'«objets signal» la couleur de chacun des «objets images» de la facette structurelle. Même si l'auteur préconise l'utilisation d'outils dédiée à la reconnaissance de formes pour identifier les objets et leur associer leur couleur, ceci demeure irréalisable sur des bases d'images hétérogènes.

II.3.4. La méthode retenue

En considérant le rôle d'aide à la formulation du besoin que nous souhaitons donner à la recherche d'images dans notre processus de recherche d'informations, la méthode que nous devons choisir doit permettre une progression cohérente de la formulation du besoin reposant sur une description des images suffisamment précise. Pour obtenir un dialogue cohérent entre le système et l'utilisateur il faut que le système ait une représentation du besoin de l'utilisateur qu'il peut faire évoluer tout au long de la recherche. L'évolution du besoin est fondamentale dans notre problématique puisque tout concepteur est, soit en recherche de solutions, soit en recherche d'idées.

Ces caractéristiques du processus de recherche d'images nécessaires à la recherche d'informations par l'image que nous préconisons, correspondent aux propriétés de la méthode de recherche d'images que nous avons proposée dans notre thèse [Halin 1989] sur l'utilisation d'une méthode d'apprentissage symbolique pour la recherche d'images.

a. Le processus de recherche d'images

La méthode d'apprentissage repose sur un processus de recherche d'images en trois phases (cf. Figure 47) [Créange, David et al. 1985] mettant en œuvre un bouclage de pertinence [Halin, Créange et al. 1990]. Le processus permet à l'utilisateur de formuler son besoin (sa demande) en choisissant ou en rejetant des images parmi celles qui lui sont proposées. Le système, à l'issue de ce choix, analyse les documents descriptifs des images choisies et rejetées pour reformuler le besoin tel que lui le comprend et re-sélectionner de nouvelles images qu'il soumet à nouveau à l'utilisateur. Ce processus se poursuit jusqu'à la satisfaction ou l'abandon de l'utilisateur. L'amorçage de processus est réalisé par une première formulation du besoin, soit avec des thèmes proposés par l'utilisateur, soit à partir d'un premier choix sur un tirage aléatoire d'un ensemble d'images.

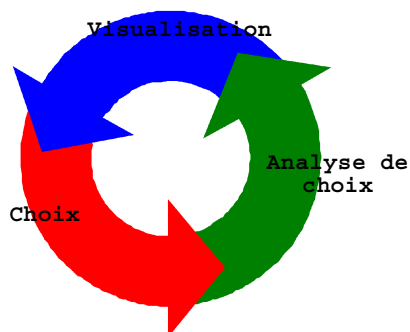


Figure 47 : les trois phases du processus de recherche d'images

b. La méthode de recherche d'images

³⁰ Relevance feedback

La méthode de recherche d'images utilise un modèle de mise en correspondance vectoriel [Salton 1986] associé à un bouclage de pertinence [van Rijsbergen 1979] utilisant un apprentissage symbolique à partir d'exemples. Les techniques d'apprentissage mises en œuvre ont pour objectif de construire une requête vectorielle (ensemble de termes pondérés) décrivant le besoin de l'utilisateur. Cette requête est obtenue par un parcours du thésaurus où un «niveau d'expressivité» du besoin a été mis en place sous la forme de «poids d'expressivité» associés aux termes. Ces poids d'expressivité proviennent de l'analyse des différents choix d'images où les images choisies jouent le rôle des exemples et les images rejetées le rôle des contre-exemples. Dans cette méthode, le thésaurus joue le rôle de la connaissance sur le domaine. Sa présence est primordiale puisqu'il permet de mesurer et d'évaluer le niveau de généralité du besoin par le biais de la relation «générique/spécifique». Cette méthode de recherche est présentée en détails dans [Halin 1989; Halin, Créhange et al. 1990; Nakapan 2003].

L'intérêt de cette forme de recherche est qu'elle propose un dialogue par l'image original, une sorte de navigation par l'image, où l'utilisateur se sent guidé progressivement vers des images de plus en plus pertinentes. Cependant le bon fonctionnement de cette méthode nécessite un thésaurus bien représentatif du domaine et correctement structuré sur le plan de la relation «générique/spécifique». L'indexation occupe alors une place importante. Chaque concept décrivant une image doit être clairement et précisément identifié par un terme du thésaurus le plus spécifique possible (une feuille). Cette méthode demeure appropriée aux bases d'images de taille moyenne portant sur un domaine suffisamment homogène.

II.4. La recherche de produit par l'image

La majorité des architectes lorsqu'ils ont besoin d'informations sur un ou plusieurs produits se tourneront, soit vers une documentation papier sous forme, en général, de classeurs occupant une place importante sur les étagères de leur agence, soit vers quelques CD-ROMs, en général mono-fabricants, qu'ils inséreront un à un dans leur ordinateur.

La pénétration du Web dans les pratiques de travail rend cet accès à l'information technique plus aisée. En effet, l'information technique est de plus en plus présente sur le Web. Toute entreprise a la possibilité de construire une «vitrine» visible du monde entier. Ainsi, de nombreuses entreprises proposent leur catalogue de produits ou de services sur lequel figurent des caractéristiques techniques, de la publicité sur leurs nouveaux produits ou activités, mais aussi des illustrations photographiques ou graphiques. Dans ces sites, l'image joue un rôle important. Elle permet à l'utilisateur de mettre rapidement son besoin en correspondance avec l'information présentée. Dans cette démarche, le texte offre une information complémentaire, l'image attire le regard donc l'attention.

Or, peu de sites présentant des produits du bâtiment proposent une recherche utilisant l'image.

II.4.1 Les modes d'accès aux bases de produits en ligne.

Dans ces travaux sur l'application de la recherche par l'image à la recherche de produits W. Nakapan [Nakapan 2003] a identifié trois formes d'accès aux produits en ligne :

- la recherche libre,
- la recherche multi-critères,
- la navigation.

a. La recherche libre

Ce mode d'accès permet à l'utilisateur de retrouver des informations en exprimant son besoin à travers une expression en langage libre composée d'un mot ou d'un ensemble de mots. C'est un mode assez répandu sur les moteurs de recherche et les internautes y sont largement habitués. Une des difficultés importantes dans l'utilisation de ce mode d'accès est qu'il s'appuie sur l'utilisation de texte. En effet, l'utilisateur doit exprimer son besoin en mots (le nom du produit, le nom de la marque, le nom du fabricant, etc.). Ceci peut être un facteur gênant pour la recherche de produits en cours de

conception architecturale, dans la mesure où l'utilisateur ne connaît pas précisément le produit qu'il cherche ou qu'il ne sait pas nécessairement le nommer dans le vocabulaire spécifique du domaine.

b. La recherche multi-critères

Ce mode de recherche permet à l'utilisateur de construire sa demande, soit en sélectionnant, soit en saisissant la valeur d'un ou de plusieurs critères prédéfinis. En plus de ces critères, l'utilisateur a aussi la possibilité, dans un mode dit «avancé», de choisir des opérateurs de recherche (booléens ou syntaxiques). L'avantage de ce mode d'accès est qu'il permet à l'utilisateur de construire une requête plus complexe. Mais, comme dans la recherche libre, la recherche multi-critères repose sur l'utilisation du texte. L'utilisateur doit savoir précisément ce qu'il recherche pour pouvoir saisir ou sélectionner les valeurs des différents critères.

c. La navigation

Deux formes de navigation dominant dans les sites proposant des produits du bâtiment :

- La navigation thématique, où les informations sont classées par thème. Lorsque l'information recherchée est un produit, le thème est souvent la famille de produit ou la fonction constructive dans laquelle le produit peut être utilisé, etc... La structuration peut être assez simple (composée d'un seul niveau hiérarchique) ou plus complexe (composée de plusieurs niveaux hiérarchiques). L'avantage de ce mode d'accès est qu'il n'y a pas de requête à formuler, l'utilisateur se laisse guider par la classification proposée. L'inconvénient est qu'il n'existe pas de classification reconnue par tous les professionnels. L'utilisateur doit s'adapter à la structuration proposée.
- La navigation thématique assistée par le dessin repose sur le même principe que la navigation thématique, mais la classification est parcourue en manipulant des représentations imagées illustrant les informations disponibles. Pour la recherche de produits, les différents types de bâtiments sont d'abord représentés (maison individuelle, habitation collective, local industriel et agricole). Après avoir choisi un type de bâtiment, ce sont les différentes parties du bâtiment qui sont alors illustrées (pour une maison individuelle, on aura salle de bain, pièce de vie, cuisine, jardin ..). Et progressivement, les illustrations deviennent de plus en plus précises pour arriver au produit souhaité (cf. Figure 48).



Figure 48 : Recherche de produits assistés par le dessin

La navigation thématique assistée par le dessin est une des premières formes de recherche s'appuyant sur l'image pour réaliser le dialogue avec l'utilisateur. Elle complète la recherche thématique classique en permettant à l'utilisateur de visualiser les critères de recherche présents dans une classification construite a priori. Mais les inconvénients de la recherche thématique demeurent. L'utilisateur doit s'adapter à la classification proposée et lorsque le besoin n'est pas encore clairement défini, l'adaptation peut être contraignante. Avec cette forme de recherche, l'utilisateur est orienté très rapidement vers une solution technique précise. Le côté exploratoire nécessaire en phase de conception pour comparer et analyser les solutions possibles est alors perdu.

II.4.2 La recherche de produits par l'image

a. Les besoins

W. Nakapan a énoncé trois types de besoin de recherche de produits relativement à deux facteurs les caractérisant : le niveau de précision et la capacité d'expression [Nakapan 2003]:

1. L'utilisateur ne connaît pas précisément le produit qu'il recherche et ne sait donc pas l'exprimer dans le vocabulaire du domaine.
2. L'utilisateur sait décrire le produit qu'il recherche, mais il ne sait pas le nommer ou l'identifier avec le vocabulaire du domaine.
3. L'utilisateur connaît précisément le produit qu'il recherche et sait le nommer avec le vocabulaire du domaine.

Les modes d'accès présents actuellement sur les sites de produits couvrent certainement le besoin de type 3. Ils demeurent cependant assez inadaptés au besoin de type 2. La satisfaction de ce besoin par les modes de recherche actuels demande à l'utilisateur d'effectuer de nombreux essais-erreurs afin de se familiariser avec le vocabulaire et les classifications proposées. Il est clair que la recherche thématique par le dessin facilite cette adaptation et que l'utilisateur projette mieux son besoin sur les illustrations proposées, mais les échecs demeurent nombreux. Il est évident alors que le besoin de type 1 est totalement délaissé. L'effort d'adaptation que doit fournir l'utilisateur ayant ce type de besoin face aux modes d'accès proposés est tellement important qu'il abandonne très rapidement sa recherche.

Face à ces constatations, nous proposons l'image comme support à la recherche de produits. Seule l'image peut permettre à l'utilisateur de s'abstraire du texte et de projeter plus efficacement son besoin. La visualisation simultanée et répétée de plusieurs images va aider l'utilisateur à progresser dans l'expression et la précision de son besoin.

b. Mise en œuvre de la recherche de produits par l'image

Pour mettre en place la recherche par l'image, nous nous sommes appuyés sur un existant constitué de la base de produit DOCMAT gérée par le Centre de Ressources en Informations Techniques, CRIT³¹, de l'Ecole d'Architecture de Nancy. Cette base contient plus de 6000 produits du bâtiment provenant de 1200 sociétés. Chacun des produits a été indexé à l'aide d'un thesaurus structuré en domaines (Matériaux, Fonctions Constructives, Formes, Métiers). Ces domaines ont une structure hiérarchique s'appuyant sur la relation «générique/spécifique» qui offre la possibilité d'indexer les produits avec les descripteurs les plus précis (les feuilles).

Le choix des images s'est appuyé sur les résultats des travaux de W. Nakapan sur la pertinence d'une image pour la recherche de produit [Bignon, Halin et al. 2001; Nakapan 2003]. Pour éviter une acquisition manuelle des images, nous avons mis en place une méthode de sélection semi-automatique utilisant les sites web des fabricants de produits. Cette méthode applique un certain nombre de critères définis à partir des résultats sur la pertinence d'une image. Cette exploration du Web est assimilable à

³¹ <http://www.crit.archi.fr>

une veille technologique par l'image. C'est cette méthode que nous approfondirons dans la partie III de ce chapitre.

II.5. La recherche de références par l'image

L'architecte, lorsqu'il conçoit de nouveaux bâtiments, utilise un grand nombre de références qu'il manipule à partir de revues, de livres spécialisés, ou de photographies personnelles. Ces références, qu'il possède sous forme d'archives dans le meilleur des cas, sont représentées le plus souvent sous la forme d'images sur lesquelles l'architecte cherche à projeter des idées pour le projet qu'il souhaite concrétiser.

L'apport des nouvelles technologies dans cette quête aux références peut être important. La définition d'une base de références construites essentiellement autour de l'image peut jouer un rôle efficace dans l'aide à la conception. Nous cherchons dans cette nouvelle problématique à définir une manière de décrire une référence (modèle d'indexation) et le rôle de l'image dans cette description. Nous cherchons aussi à mettre en œuvre des processus de recherche de références adaptés où l'image a une place importante eu égard à celle qu'elle occupe dans le processus de recherche d'informations techniques.

II.5.1 L'assistance à la conception initiale

L'objectif de ces travaux est de montrer que, parmi les diverses stratégies de conception d'un projet d'architecture, l'utilisation de références en tant qu'éléments externes peut stimuler et aider la conception initiale en architecture. Une référence peut alors être architecturale, mais elle peut aussi provenir d'un domaine proche ou totalement différent. La forme prise par la référence est très variée ; ce peut être une odeur, un son, un texte, une image ou plus globalement une ambiance.

C. Scaletsky propose à l'architecte, dans ces travaux de thèse, de construire son propre système de références ou de connaissances référentielles, qu'il pourra utiliser en phase de conception. Il introduit la notion d'«image-référence» représentée par une ou plusieurs images associées à des éléments descriptifs variés comme un texte, des mots-clés ou encore des concepts imagés. Cinq idées-guides ont conduit [Scaletsky, Schatz et al. 2002; Scaletsky 2003] cette approche.

a. Information, connaissance et interprétation

Une information peut se transformer en connaissance référentielle utile à la création initiale à partir du moment où l'architecte s'est approprié l'image en lui attribuant un signifié. Cette appropriation est une interprétation de l'information générale en une connaissance particulière. Cette connaissance référentielle est construite dans le temps et à partir de l'expérience du concepteur.

b. Système ouvert de références

Les raisonnements analogiques utiles en phase de conception n'ont pas l'habitude de respecter les limites ou les frontières d'un domaine. Ainsi, un système de références doit être ouvert à tous les domaines de connaissances possibles. L'ouverture du système se justifie aussi par la possibilité constante de modifier ou d'ajouter des références.

c. Recherche et navigation

L'utilisation d'un système de recherche en phase de conception nécessite la mise en place de fonctions d'accès aux références originales et variées. Ces fonctions peuvent reposer sur des formes d'accès classiques comme la recherche par l'expression d'une requête ou la navigation. C'est certainement la navigation, et plus particulièrement la navigation par l'image, qui semble être le moyen d'accès le plus pertinent dans un travail de conception qui se veut exploratoire.

d. Le résultat d'une recherche : une nouvelle forme de connaissance

Le résultat d'une recherche de références dans une phase de conception est un ensemble de références construit dans un objectif précis relativement à un projet de conception identifié. Ce résultat doit être circonscrit et mémorisé sous une forme similaire à la notion de «cahier créationnel» introduite par M. Gosselin [Gosselin, Loisel et al. 1998].

c. Indexation visuelle

Afin de faciliter l'interprétation visuelle, C. Scaletsky propose d'interpréter les images références en leur associant des images codées représentant des concepts architecturaux. Ces images codées nommées «i-concept» sont organisées dans des thesaurus visuels ou iconiques construits a priori ou construits par l'architecte lui-même. Cette proposition repose sur l'hypothèse, en partie validée par une expérimentation réalisée dans le cadre de sa thèse, que toutes références, et plus particulièrement celles identifiées comme non architecturales, peuvent être décrites par des concepts architecturaux et que cette interprétation peut être essentiellement visuelle.

L'organisation des références gérées par le système est alors un réseau de connaissances où les nœuds sont les images-références et les liens représentent la co-existence de i-concepts communs entre les références (cf. Figure 49).

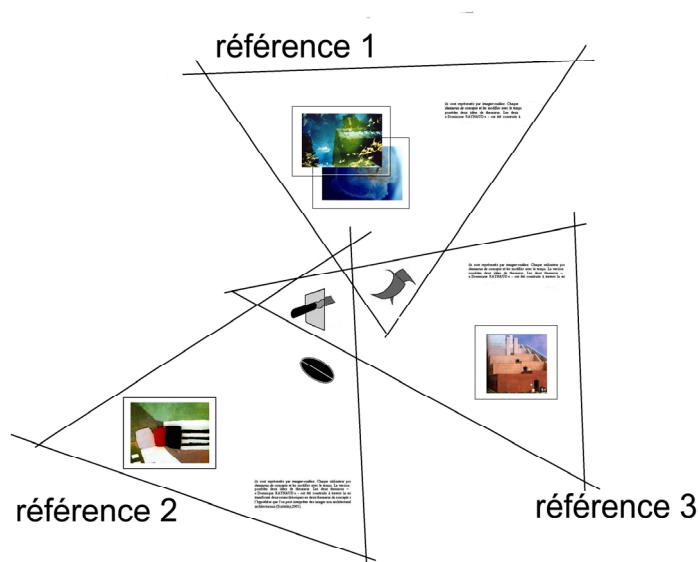


Figure 49 : Le réseau des connaissances géré par le système de références

Cette approche s'est concrétisée par la réalisation d'un système hypermédia «Kaléidoscope», que nous avons décrit dans le chapitre 3, où la navigation par l'image utilisée pour visualiser les références occupe une place importante voire centrale. Ce système a permis notamment de réaliser un ensemble d'expériences afin de valider les hypothèses présentes dans les idées-guides que nous venons de décrire.

II.5.2. La recherche de solutions constructives par l'image

L'approche consiste ici à proposer au concepteur un ensemble de références constructives illustrées dans le but de l'assister dans sa recherche d'une solution constructive. Le rôle de l'image dans ce contexte est triple. Il s'agit :

- d'aider le concepteur grâce à l'apport d'informations techniquement constructibles véhiculées par les images réelles afin de préciser la construction de ses images mentales relatives à son projet en cours de conception [Denis and 1982].

- d'illustrer une même solution constructive par différentes références extraites de projets déjà réalisés.
- de suggérer des solutions architecturales différentes au problème particulier que se pose le concepteur.

Le domaine choisi pour mettre en œuvre cette approche est la construction bois où un corpus conséquent d'images, non indexées mais associées à un projet construit, a été mis à notre disposition

a. Les besoins de l'utilisateur

Trois types de besoins peuvent être couverts par cette approche. Ils s'échelonnent suivant le niveau de précision de leur définition :

- L'utilisateur est en situation de veille. Il n'a pas d'idées préconçues sur ce qu'il recherche, ni de projet en cours de conception. Il cherche à s'informer et souhaite explorer des solutions nouvelles qu'il ne connaît pas.
- L'utilisateur est en situation de projet et il n'a qu'une idée vague de ce qu'il recherche. Il recherche des idées sur une solution constructive qui guiderait sa conception.
- L'utilisateur en situation de projet a une idée assez précise de la solution constructive qu'il souhaite mettre en œuvre, sans savoir réellement la décrire par des termes techniques. Il souhaite visualiser des solutions constructives proches afin d'effectuer les choix les plus pertinents pour son projet.

Là aussi la recherche de références constructives par l'image peut répondre à ces trois formes d'images à partir du moment où l'indexation des images repose sur un vocabulaire adapté au domaine couvert.

b. Construction du vocabulaire

La définition du vocabulaire d'indexation a un double objectif : celui de permettre une indexation adaptée des images par une description précise des solutions constructives illustrées par les images, mais aussi celui de satisfaire les besoins énoncés précédemment par l'intermédiaire de la méthode de recherche par l'image retenue et présentée dans le § II.3.4.

Ainsi, le vocabulaire créé doit permettre de formaliser les pratiques langagières plus ou moins homogènes des professionnels du domaine ayant les mêmes références scientifiques et techniques. Pour atteindre cet objectif, S. Kacher a analysé le corpus d'images mis à sa disposition afin d'en extraire les concepts architecturaux et constructifs illustrés [Halin, Bignon et al. 2003]. Puis, afin de choisir les termes les plus adaptés à décrire ces concepts et de proposer une organisation adéquate au vocabulaire, elle a proposé une démarche de structuration reposant sur la définition d'un niveau intermédiaire appelé «niveau courant». Ce niveau courant contient des catégories de termes dites «prototypes» qui représentent l'ensemble des concepts les plus importants du domaine tels qu'ils sont appréhendés et énoncés de manière la plus courante par les spécialistes du domaine. Ce sont ces termes qui doivent être formulés presque instantanément lorsque l'on demande à un spécialiste du domaine de décrire une image illustrant une solution constructive.

A partir de ce niveau, deux autres niveaux de structuration du vocabulaire (cf. Figure 50) ont été définis à partir des règles de généralisation et de spécialisation :

- Le niveau supérieur (NS) au niveau courant. Ce niveau est utile à la méthode de recherche par l'image pour identifier et représenter les besoins vagues correspondant soit à une veille technologique soit à une recherche large d'idées. Ce niveau généralise les concepts énoncés au niveau courant.
- Le niveau inférieur (NI) permet une identification précises des concepts architecturaux illustrés sur les images. Ce sont les termes de ce niveau qui sont utilisés pour la description des images. Ce niveau est aussi essentiel à la méthode utilisée pour la formulation du besoin puisqu'il permet d'identifier précisément les concepts caractérisant une demande à partir d'un choix d'images cohérent.

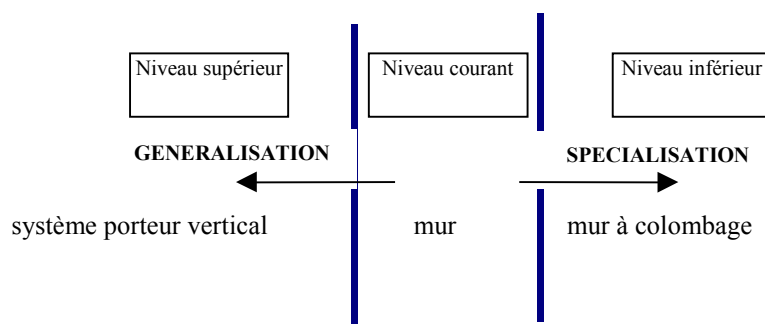


Figure 50 : Les trois niveaux du vocabulaire

c. Validation du vocabulaire

Afin de vérifier la pertinence des hypothèses formulées, deux expérimentations ont été envisagées.

La première expérimentation a été menée afin de déterminer les termes du niveau courant. Une collecte des termes a été réalisée en présentant à des professionnels du bâtiment une série d'images représentatives illustrant des éléments architecturaux concrets qu'ils doivent nommer. L'ensemble des termes proposés a été confronté à une liste de termes construite au préalable grâce à une analyse effectuée par S. Kacher. Cette expérience a validé en grande partie le niveau de généralité des termes adoptés lors de l'analyse préalable.

Une seconde expérimentation, qui est en cours de réalisation, tentera de montrer que l'utilisation du niveau inférieur pour l'indexation et de l'ensemble des trois niveaux pour la recherche permettront de répondre aux besoins des concepteurs. Cette expérimentation consistera à mettre l'outil de recherche par l'image à disposition de concepteurs, essentiellement des architectes ayant un besoin de conception identifié et à évaluer dans quelle mesure l'outil les a aidés à trouver ou à préciser une solution constructive.

III. Veille technologique par l'image

La proposition d'une recherche d'information par l'image nécessite de s'intéresser à l'approvisionnement en images de la base qui sert de support à la formulation. Quand l'information recherchée est un produit du bâtiment (cf. § II.4), la réalisation de cet approvisionnement revient à chercher régulièrement des images représentant les nouveaux produits. Cette recherche s'apparente à une veille technologique par l'image.

Nous présentons, dans cette partie, une méthode d'extraction et d'indexation semi-automatique d'images qui permet, par un parcours régulier des sites web des fabricants de produits, d'assister l'administrateur de la base d'images dans sa veille technologique.

III.1 Internet source d'images

Internet et plus particulièrement le Web représentent une source d'informations intarissable où les images sont nombreuses et variées. Nombreux sont maintenant les fabricants de produits qui proposent leur catalogue illustré de produits sur Internet. Pour accéder à ces sites, il suffit de connaître l'URL de la page dite d'«accueil» puis de parcourir l'ensemble des liens contenus dans cette page. Les images proposées sont alors extractibles sous une forme numérique au format GIF³², JPEG³³, ou PNG³⁴.

³² GIF, «Graphics Interchange Format». C'est un format compressé. Une image GIF peut illustrer jusqu'à 256 couleurs différentes.

Les images des produits qui se trouvent sur les pages Web des fabricants sont, comme dans les catalogues papiers, accompagnées de textes. Il est alors possible d'exploiter ces textes pour construire une indexation des images extraites. Ainsi Internet répond aux qualités indispensables à une source d'images pour la veille technologique sur les produits du bâtiment :

- Exhaustivité : presque tous les principaux fabricants de produits y sont présents.
- Evolutivité : les sites sont mis à jour régulièrement et de nouveaux apparaissent constamment.
- Extractabilité : les images sont facilement récupérables sous forme numérique.
- Indexabilité sémantique: les textes proches des images peuvent être analysés pour en extraire les informations nécessaires à une indexation.

Au regard de ces qualités, nous avons étudié les sites des fabricants afin de proposer une méthode d'extraction et d'indexation des images du Web

III.2. Les images du Web

Les images du Web possèdent des caractéristiques que l'on peut énoncer sous deux aspects : la forme et le contexte.

III.2.1. La forme des images présentes sur le Web

Pour caractériser les images du Web par leur forme, J. Vendrig [Vendrig 1997] propose une typologie. Il distingue cinq types d'images (cf. Figure 50) :

1. **Les images photographiques**, elles représentent des abstractions d'objets du monde réel. Elles sont le résultat de l'utilisation d'un appareil photographique.
2. **Les images alphanumériques**, ce sont des images contenant du texte et qui ont été construites pour combler des besoins spécifiques de mise en forme du texte dans les pages HTML.
3. **Les images iconiques**, elles représentent un symbole ou pictogramme connu de tous ou un logo identifiant une marque ou une société.
4. **Les images porteuses de légendes** sont une combinaison entre images iconiques et images alphanumériques. C'est en général une légende qui est associée à une image pour préciser son sens.
5. **Les images décoratives**, elles ne possèdent pas de sens, elles sont utilisées pour la présentation et la décoration des documents HTML.

W. Nakapan, dans son analyse sur les sites des fabricants de produit [Nakapan 1998], propose d'ajouter à cette typologie un autre type d'images :

6. **les dessins techniques**, ce sont des dessins qui illustrent un concept constructif architectural en apportant une information technique sur un bâtiment. Ce sont en général des coupes, des plans, des plans de masse, des sections d'élément constructible, des axonométries, etc...

L'étude de W. Nakapan nous informe sur les formats de codage utilisé pour ces types d'images. Le format GIF est celui qui est le plus utilisé pour le codage des petites images ayant peu de couleurs, c'est-à-dire les images de type 2, 3, 4, 5 et 6. Les formats JPEG et PNG sont, quant à eux, utilisés lorsque l'image est de taille plus importante et lorsqu'elle contient une variété de couleurs assez étendue. Les images de type 1 et quelques images de type 5 sont concernées par ces formats.

La répartition de ces types d'images peut être illustrée par une statistique réalisée à l'aide du logiciel d'extraction d'images «PicToSeek» [Gevers and Smeulders 1999] : sur 100 000 images extraites à partir de 1 345 sites représentatifs du Web, 20% sont des images de type 1 (ie photographique) et 80% des images synthétiques (ie type 2 à 6). W. Nakapan, dans son étude sur les

³³ JPEG, format développé par «Joint Photographic Experts Group ». Ce format est un standard pour représenter les images réalistes sur Internet. Une image JPEG peut contenir jusqu'à 16 millions de couleurs.

³⁴ PGN, «Portable Network Graphics format ». C'est le format récent d'images pour le Web. Une image PGN supporte des caractéristiques des images GIF et JPEG. Ces derniers sont donc destinés à être remplacés.

sites des fabricants de produits, a évalué à 48% le pourcentage des images photographiques, à 11% celui des dessins techniques et à 42% celui des autres types d'images. Cette dernière analyse confirme que les sites des fabricants de produits peuvent être le support à une collecte d'images semi-automatisée.

III.2.2 Le contexte des images présentes sur le Web

Le contexte d'une image présente dans une page Web est caractérisé par l'ensemble des éléments d'informations qui peuvent être potentiellement utilisables lors de son extraction et analyse. Le contexte qui est habituellement utilisé par les moteurs de recherche d'images présents sur le Web car facilement identifiable, est constitué de :

- l'url de la page qui contient l'image,
- l'url de l'image,
- les informations cachées sur la page (balise META, TITLE),
- les informations présentes dans la balise HTML de l'image (IMG) à savoir le titre ou la légende de l'image.

A ce contexte, il nous a semblé important d'ajouter les éléments présents dans la page, essentiellement du texte (cf. Figure 50), qui apportent de l'information que l'image est censée illustrer. Ces éléments sont les textes proches de l'image qui représentent en général un texte descriptif ou des liens vers d'autres pages.

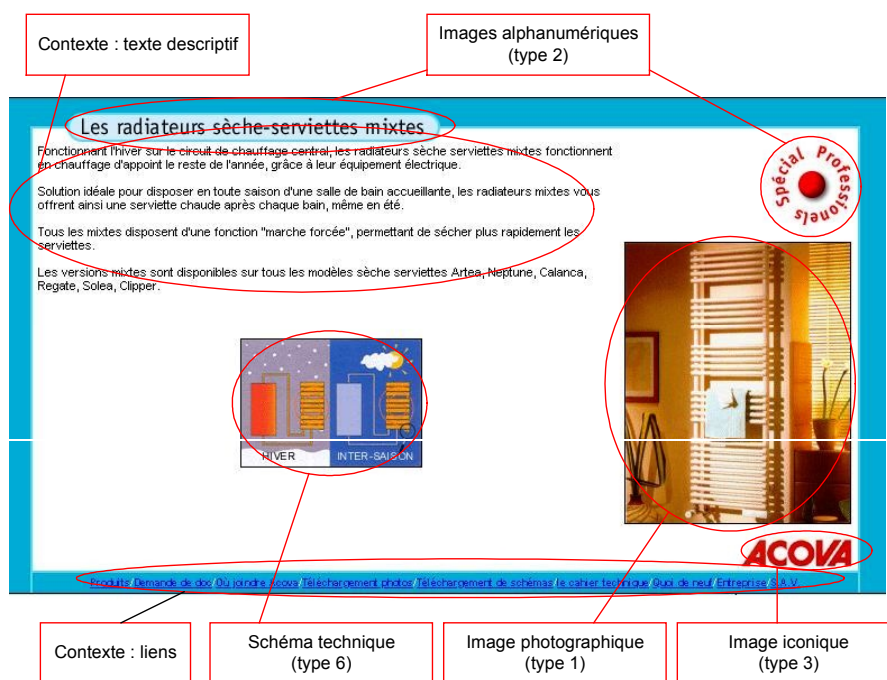


Figure 50 : Les images du Web et leur contexte, une page du site <http://www.acova.fr>³⁵

Ces derniers éléments sont essentiels à la proposition d'une analyse de l'image plus sémantique que celle proposée dans les moteurs de recherche d'images présents sur le Web. Afin de réaliser cette analyse, nous avons mené une étude sur la définition d'une image pertinente dans notre contexte, à savoir «la veille technologique pour la recherche de produits par l'image».

³⁵ La société Acova propose radiateur, sèche serviettes, chauffage central électrique, et panneaux rayonnants.

III.3. Pertinence d'une image

Les caractéristiques liées à l'efficacité de l'image sont connues et nombreuses. J-C. Bignon dans [Bignon 2002] en a identifié quelques-unes qui semblent être les plus importantes relativement à notre champ d'investigation :

- 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 possède aussi des limites qui peuvent conduire à une désorientation informationnelle (le récepteur ne sait pas ce qu'il voit) ou à une mauvaise interprétation sémantique (le récepteur interprète une information iconique de manière différente de celle voulue par l'émetteur). Voici quelques-unes des propriétés qui peuvent entraîner des difficultés d'interprétation dans notre domaine d'application [Bignon 2002] :

- La polysémie iconique : une image peut utiliser des modes ou des types de représentation ambigus qui vont suggérer plusieurs lectures. Son interprétation dépend du point de vue adopté par le lecteur au moment de la lecture de l'image. 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 souhaité par l'émetteur et le message interprété par le récepteur. 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 W. Nakapan dans le cadre de son DEA [Nakapan 1998].

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 définitions de trois catégories de pertinence : morphologique, sémiologique et contextuelle.

III.3.1. 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 matériel (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.

III.3.2. 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 l'objet réel et la représentation qui en est faite dans 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 objet mis en situation de contraste de lumière, de couleur ou de forme dans une image sera perçu comme plus important dans la scène.
- 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.
- Pour certains produits, le contexte d'usage ou de mise en œuvre doit être présent afin qu'ils soient plus facilement reconnus. Ceci est particulièrement vrai pour tous les accessoires.

III.3.3. Pertinence contextuelle

L'interprétation d'une image implique des processus cognitifs reposant sur des informations non codées dans l'image généralement appelées «contexte». J.C. Bignon [Bignon 2002] définit la notion de contexte comme étant à la fois le contexte immédiat de l'image (le texte qui lui est lié, les autres images avec lesquelles elle est en relation) qu'il nomme «contexte d'exposition», mais aussi le contexte d'inférence du lecteur (les questions qu'il se pose, les connaissances qu'il stocke en mémoire...) qu'il nomme «contexte d'interprétation».

Le contexte d'interprétation a été neutralisé en émettant l'hypothèse que comme le domaine d'expertise est partagé entre le lecteur et l'émetteur, l'interprétation réalisée par chacun est homogène.

En ce qui concerne le contexte d'exposition, nous considérons qu'une image est pertinente si son contexte proche permet de déterminer qu'elle a de fortes chances de représenter un produit du bâtiment. Son contexte d'exposition doit répondre aux critères suivants :

- Une image doit pouvoir être attachée à au moins un mot-clé du thesaurus du domaine. Plus le mot clé 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-clé).
- L'image doit être localisée dans une page identifiée comme présentant des produits du bâtiment.

Cette étude de la pertinence a guidé la définition de la méthode qui a été mise en œuvre dans l'outil d'extraction et d'indexation d'images.

III.4. La méthode réalisée

La méthode proposée comporte deux phases : la première extrait les images et leur contexte, la deuxième analyse les contextes et propose une liste de mots-clés candidats à l'indexation.

III.4.1 L'extraction des images

Il s'agit de sélectionner les images pertinentes, en suivant les définitions de la pertinence citées dans le paragraphe précédent, et de les associer à une description de leur contexte [Bignon, Halin et al. 2001].

Parmi les critères de pertinence énoncés précédemment, certains peuvent être automatisés et mis en œuvre dans l'algorithme d'extraction des images. Par contre, certains demandent une intervention humaine pour les évaluer.

a. Critères automatisables

Les critères qui peuvent être automatisés lors de l'extraction sont ceux liés à la pertinence morphologique et contextuelle. En effet, ils peuvent être évalués à partir des données disponibles lors du parcours d'un site (ie obtenu lors de l'analyse de la réponse HTTP) :

- La taille en octet de l'image,
- Les dimensions de l'image : largeur, hauteur en pixels,
- L'url de l'image,
- L'url de la page,
- Le contenu HTML de la page.

Les critères de la pertinence morphologique sont déterminés à partir de la taille et de la dimension de l'image. L'évaluation de la pertinence contextuelle utilisera les autres données : l'url de la page dont la construction apporte assez souvent une information sur son contenu ; l'url de l'image qui elle aussi peut informer sur ce que l'image illustre ; le contenu de la page qui, par sa structure non visible, contenant les meta-données, et sa structure visible contenant à la fois la mise en page et le contenu sémantique, décrit le contexte d'exposition de l'image.

b. Critères non automatisables

Le caractère fortement visuel de l'ensemble des critères énoncés dans la pertinence sémiologique rend difficile leur automatisation dans le cadre actuel d'avancement de techniques d'analyses d'images et de reconnaissances de formes. La variété des objets qui peuvent être présents dans les images des sites parcourus est tellement grande qu'il est impossible de reconnaître ces objets de manière automatique. Seule une personne peut les identifier et appliquer les critères déterminant la pertinence

sémiologique. Par conséquent, le processus de sélection d'images proposé est semi-automatique. La partie automatisée précède la partie manuelle et a pour objectif de proposer des images qui auront une forte chance d'être validées lors de l'application des critères sémiologiques.

c. Le processus d'extraction

Le processus de sélection et d'extraction d'une image repose sur une suite d'étapes organisées relativement au flux des requêtes/réponses générées lors du parcours d'un site Web. Ces étapes sont :

1. Sélection du site : les sites à parcourir sont ceux des fabricants présents dans la base de produits DOCMAT. Cette liste évolue en fonction des saisies effectuées par les administrateurs de la base au sein du CRIT (cf. § II.4.2).
2. Vérification de la validité du site : il s'agit de vérifier ici que le site existe toujours et qu'il autorise les parcours par des outils automatisés (robot). A partir de ce moment, l'ensemble des pages, y compris la page d'accueil vont être parcourues.
3. Sélection d'une page : une page est jugée candidate à une extraction d'images si :
 - Elle est située dans le même «domaine» que la page d'accueil du site. Ce critère est évalué à partir de la structure de l'url de la page qui doit être structurée de la même manière que l'url de la page d'accueil.
 - La balise HTML définissant le lien vers cette page (balise HREF ou autre) ainsi que l'url de la page ne contiennent pas de mots interdits. Cette liste ouverte de mots interdits contient des mots que l'on rencontre souvent à proximité des liens donnant accès à des pages non pertinentes : plan d'accès, description de la société, historique,...

Après application de ces critères, le contenu de la page peut être récupéré côté client par une requête adressée au serveur afin d'être analysé. Une fois le contenu récupéré, le dernier critère de sélection de la page peut être appliqué. La page demeure candidate si :

- Son contenu est écrit en français. L'indexation sémantique des images repose sur un thesaurus de langue française. Par conséquent, nous ne devons vérifier que les pages contenant les images qui sont écrites dans cette langue.

A la suite de cette étape, le contenu de la page va être analysé afin de déterminer si les images qu'elle contient sont pertinentes.

4. Sélection d'une image : une image est jugée pertinente si :
 - La balise HTML définissant le lien vers l'image (balise IMG) ainsi que l'url de l'image ne contiennent pas de mots interdits.

L'image peut alors être récupérée.

Tous les critères énoncés jusqu'à maintenant définissent la pertinence contextuelle. Les critères qui suivent participent à la définition de la pertinence morphologique de l'image. Ces critères ne peuvent être évalués que lorsque le fichier contenant l'image et les informations sur ce fichier ont été récupérés. Une image sera jugée pertinente morphologiquement si :

- elle est de format JPEG,
- $60 \text{ pixels} \leq \text{largeur} \leq 610 \text{ pixels}$,
- $60 \text{ pixels} \leq \text{hauteur} \leq 660 \text{ pixels}$,
- $0.58 \leq \text{proportion} \leq 2.1$,
- $3.2 \text{ Ko} \leq \text{la taille du fichier de l'image}$.

Les valeurs de sélection des critères morphologiques ont été établies à partir d'une étude statistique réalisée par W. Nakapan [Nakapan 1998].

Lorsque l'image vérifie ces critères morphologiques, il faut alors vérifier les critères liés à la pertinence contextuelle. L'image sera pertinente contextuellement si :

- Elle possède au moins un contexte proche pertinent.

Tous les blocs de texte proches de l'image sont analysés. La proximité d'un bloc de texte par rapport à l'image est obtenue par le calcul d'une distance utilisant la structure HTML de la page et plus particulièrement la mise en page sous la forme de cellules de tableaux³⁶. La pertinence d'un bloc de texte est déterminée par la présence d'au moins un terme proche d'un

³⁶ Le tableau et les cellules sont les outils de mise en page les plus prisés en HTML.

terme du thesaurus du domaine. La proximité entre deux termes est celle qui est utilisée pour l'indexation des images que nous décrivons dans la suite.

Le résultat de ce processus d'extraction est une liste d'images pertinentes possédant chacune au moins un contexte pertinent. La méthode se poursuit avec l'analyse des contextes afin de proposer à l'administrateur une liste d'images ayant chacune une indexation.

III.4.2 L'indexation des images

L'indexation des images comporte deux étapes. La première est automatique, elle consiste à identifier des termes du thesaurus dans les contextes proches des images. La deuxième est manuelle : un administrateur valide les images du point de vue de la pertinence sémiologique et complète ou modifie l'indexation proposée automatiquement.

a. L'indexation automatique

L'indexation automatique consiste à retrouver dans les contextes d'une image des termes proches de ceux présents dans le thesaurus. La méthode proposée (cf. Figure 51) repose sur l'utilisation de la méthode PROXILEX [Hallab and Lelu] qui permet de comparer des chaînes de caractères d'une manière très rapide à partir de leur profil en «n-grammes».

Un profil en n-grammes est constitué de toutes les chaînes de caractères de longueur n qui se trouvent dans un mot ou dans un groupe de mots. Ce profil est présenté sous forme de vecteur. La méthode propose une mesure de proximité entre deux chaînes de caractères par le calcul d'un indice d'inclusion entre les deux vecteurs associés aux chaînes et d'un indice représentatif de l'ordre des n-grammes en commun.

La méthode PROXILEX permet d'établir une correspondance entre les groupes de mots identifiés dans les contextes des images et les groupes de mots des termes du thesaurus afin de proposer une liste de termes du thesaurus qui sont susceptibles de décrire le contenu de l'image.

Le processus d'indexation repose sur quatre étapes distinctes (cf. Figure 51) :

1. Construction du dictionnaire des termes du thesaurus et de leur profil en n-grammes
2. Calcul des distances entre les contextes et les images
3. Analyse des contextes, extraction des groupes de mots, comparaison avec les termes du thesaurus par la méthode PROXILEX.
4. Proposition d'une indexation pour chacune des images sous la forme d'une liste de termes pondérés. Validation manuelle des images et de leur indexation.

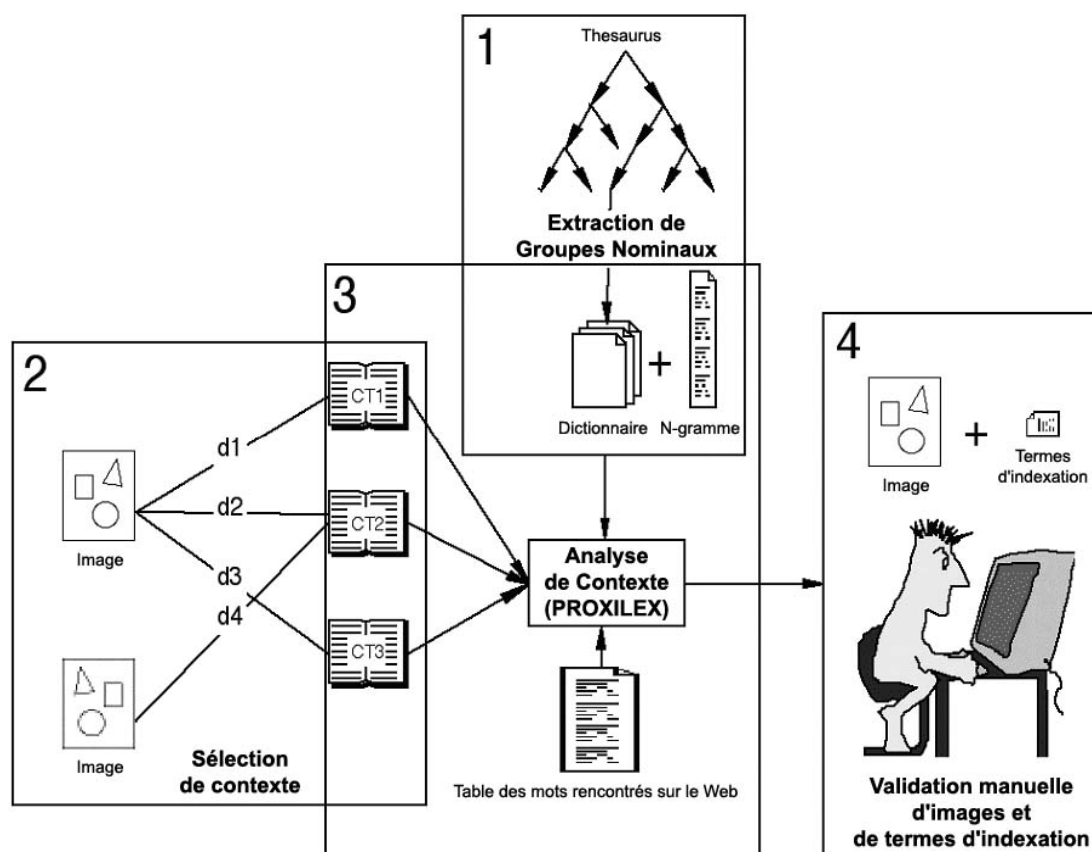


Figure 51 : Le processus d'indexation des images

b. Validation des images et des indexations

La validation manuelle des images repose sur une liste de questions que doit se poser l'administrateur pour chaque image extraite et jugée pertinente du point de vue morphologique et contextuelle. Ces questions ont pour objectif de déterminer la pertinence sémiologique de l'image (cf. § III.3.2.) :

1. L'image est-elle de type photographique ?
2. L'image est-elle nette ?
3. L'image représente-t-elle un produit du bâtiment ?
4. Le produit est-il facilement reconnaissable ?

C'est sans aucun doute cette dernière question qui est la plus délicate, puisqu'on ne peut y répondre que si on connaît l'ensemble des critères définis pour la pertinence sémiologique (similarité de couleur, produit mis en situation, représentation entière du produit, point de vue adapté sur le produit, place occupée par le produit dans l'image).

Si après avoir répondu à ces questions, l'image demeure pertinente, l'administrateur doit valider son indexation en vérifiant et modifiant la liste des mots-clés proposée automatiquement. Il doit vérifier la **complétude** et la **précision**. L'indexation est complète si l'ensemble des caractéristiques visuelles du produit représenté dans l'image est décrit : nom du produit, forme, matériaux, fonction constructive. La précision de l'indexation se mesure en vérifiant que les termes proposés sont bien les termes les plus spécifiques des différents champs sémantiques du thesaurus.

IV. Applications et Expérimentations

Trois applications ont été développées dans le cadre de la recherche par l'image et une quatrième est en cours de développement. La première application, **BATIMAGE** (le BATIment en iMAGE) concerne la recherche par l'image de produits du bâtiment, la seconde, **Kaléidoscope**, met en œuvre la recherche de références par l'image, la troisième, **Wimexbot**, réalise l'extraction et l'indexation préconisées dans le cadre de la veille technologique par l'image, enfin, la quatrième utilisera le moteur de recherche de BATIMAGE pour proposer une application mettant en œuvre la recherche de références constructives.

IV.1. BATIMAGE

Cette application, accessible sur le site Web du Centre de Ressources en Informations Techniques (CRIT), met en œuvre la méthode de formulation par l'image dédiée à la recherche de produits. Elle a été développée par Pascal Humbert autour d'une architecture Web à trois niveaux. Le processus interactif et progressif de recherche d'images implémenté utilise un moteur de mise en correspondance vectoriel et le bouclage de pertinence de la méthode décrite au § II.3.4. La figure 52 montre l'interface utilisateur où celui-ci peut choisir ou rejeter des images parmi celles que le système lui propose. Le résultat de cette formulation du besoin en plusieurs étapes est une liste de produits référencés dans la base DOCMAT (cf. Figure 53).



Figure 53 : La formulation du besoin en images dans BATIMAGE

Cette application a été utilisée lors de l'expérimentation réalisée par W. Nakapan dans le cadre de sa thèse [Nakapan 2003]. Malgré la difficulté inhérente à la mise en place de ce genre d'expérience³⁷,

³⁷ Seuls 21 architectes sur 200 contactés ont participé à l'expérience.

W. Nakapan a mis en évidence que la formulation par l'image permettait à un concepteur de préciser rapidement un besoin qui au départ était imprécis avec une moyenne de quatre étapes de choix d'images.



Figure 54 : Le résultat de la recherche correspondant au besoin exprimé dans la figure 53.

IV.2 Kaléidoscope

Le système Kaléidoscope, que nous avons décrit dans le chapitre précédent, utilise la navigation par l'image comme moyen d'accès aux références mémorisées par un architecte concepteur. C. Scaletsky a utilisé ce système dans deux expérimentations. La première a eu pour objectif de vérifier que l'association concept – image, architecturale ou non, permet l'interprétation et l'appropriation d'une image, la seconde, de valider l'intérêt d'une navigation dans des références en situation de conception.

Pour effectuer ces deux expérimentations, C. Scaletsky s'est appuyé sur les travaux expérimentaux de Christian Brassac. La méthode utilisée par Brassac³⁸ consiste à proposer une situation de conception d'un objet quelconque à un groupe de sujets, interagissant verbalement, à la fois entre eux et avec l'objet de création. Brassac définit cette interaction comme une «conception collaborative».

Les expériences se déroulent sous contrôle vidéo. Tout est enregistré avant, pendant et après l'expérimentation : le son (briefings et débriefings), les vidéos de l'écran et les sujets (cf. Figure 55). Toutes les traces écrites produites pendant l'expérimentation sont également gardées. Grâce à ces

³⁸ Christian Brassac est Maître de Conférences de Psychologie de la Communication et fait partie de l'équipe de recherche «Codisant» (COgnition DIstribuée dans les Systèmes Artificiels et NaTurels), Laboratoire de Psychologie de l'Interaction, Université Nancy 2.

matériaux expérimentaux, Brassac réalise un travail d'analyse fondée sur une méthodologie «centrée sur l'usage d'une logique interlocutoire» et qui «conduit à exhiber la construction progressive» d'un objet [Grosjean and Brassac 1998].

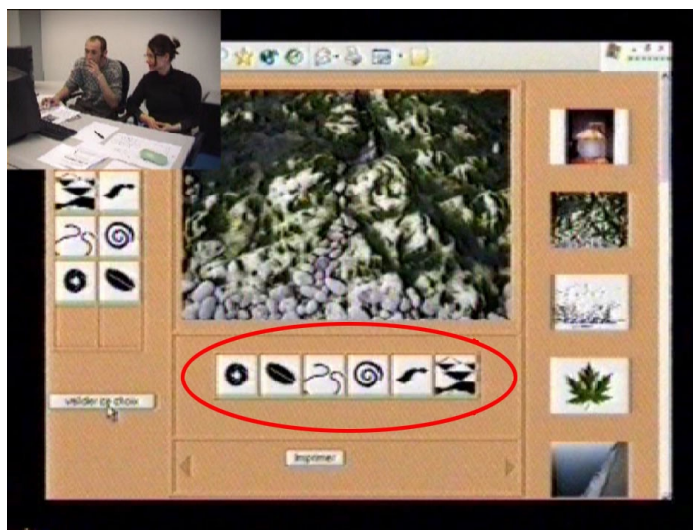


Figure 55 : Extrait d'un enregistrement d'une expérimentation

L'analyse de ce matériel, ici présent sous la forme de deux Dvds, a permis à C. Scaletsky [Scaletsky 2003] de vérifier une partie de ses hypothèses :

- l'interprétation d'images non architecturale avec des concepts architecturaux est possible,
- la représentation visuelle des concepts favorise le raisonnement analogique,
- la relation d'opposition entre les concepts est très utile lors de l'interprétation,

de mettre en évidence quelques limites :

- la proposition de thesaurus visuel pré-construit peut induire des erreurs d'interprétations lorsque l'image choisie pour représenter le concept n'est pas suffisamment démonstrative,
- le temps d'appropriation de l'outil par l'utilisateur a montré les limites de sa conception qu'il serait nécessaire d'améliorer pour de futures expériences,

et de formuler quelques pistes à suivre :

- la possibilité que l'utilisateur modifie et s'approprie les thesaurus visuels en adaptant et en proposant de nouvelles présentations visuelles,
- le partage des références entre plusieurs concepteurs pour confronter les points de vue de chacun sur un ensemble d'images commun,

l'utilisation de l'outil et la réalisation des mêmes expériences dans un cadre pédagogique ou professionnel en situation de projet.

IV.2 Wimexbot

Wimexbot³⁹ est l'outil réalisé par M. Wagner [Wagner 2000; Bignon, Halin et al. 2001] qui nous a permis d'expérimenter la veille technologique par l'image. Cet outil écrit en Java réalise l'ensemble du processus d'extraction et d'indexation proposé. L'écran de la Figure 56 montre comment l'administrateur peut visualiser le résultat d'un parcours et valider ou rejeter les propositions.

³⁹ Wimexbot pour Web Image extractor robot.

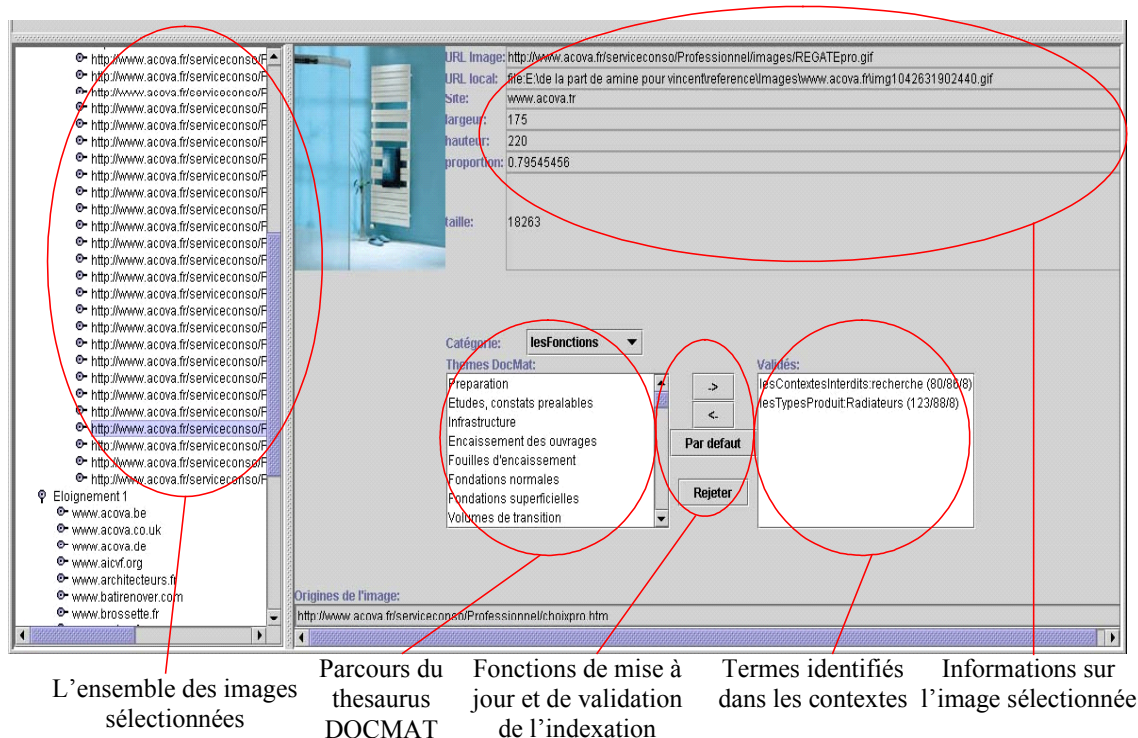


Figure 56 : Ecran de validation des résultats fournis par Wimexbot

Cet outil a été utilisé dans le cas d'une expérimentation réalisée par N. Zerrouki [Zerrouki 2001] pour valider la méthode d'extraction et d'indexation. Cette expérience a été menée sur 6 sites de fabricants de produits qui ont été analysés d'abord manuellement en utilisant un «aspirateur» de site web puis automatiquement à l'aide de l'outil Wimexbot. Il s'agissait de mesurer la capacité du robot à extraire des images dites pertinentes. Cette expérimentation a montré que le robot permettait de réduire de 1/3 le travail manuel qu'aurait dû faire un administrateur sans l'aide de Wimexbot. Mais ce résultat demeure insuffisant, ceci pour plusieurs raisons [Nakapan 2003] :

- Trop d'images n'illustrant pas un produit sont encore sélectionnées (dessins techniques, photo de personne, lieu,...). Ceci est naturellement lié à la pertinence morphologique et au fait que le robot n'analyse pas le contenu de l'image (répartition des couleurs, identification de texture,...). Mais, nous avons également remarqué, que dans certains cas, une étude plus approfondie du contexte de l'image permettait d'éviter ce bruit dans la sélection.
- Les indexations proposées sont souvent incomplètes. Nombreux sont les termes pertinents qui apparaissent dans le contexte de l'image et qui ne sont pas sélectionnés par le robot car ils ne sont pas proches de termes du thesaurus.

Face à ce constat, nous nous orientons vers une nouvelle étude de la prise en compte du contexte de l'image dans l'extraction de l'indexation. Cette étude intégrera la proposition d'une nouvelle forme de thesaurus adaptée à l'analyse des contextes Web d'une image (intégration forte de non descripteur et définition de liens spécialisés).

Une nouvelle version du robot est en cours de développement. Elle s'appuie sur une architecture Web à plusieurs niveaux utilisant la technologie J2EE. L'objectif est de proposer à l'administrateur une utilisation plus souple de l'outil par une mémorisation de l'ensemble des parcours dans une base de données et la possibilité d'administrer le robot à distance.

V. Conclusion et Perspectives

Ce chapitre nous a permis de faire le point sur quelques propositions concernant l'utilisation de l'image dans l'assistance à la conception. Le choix de l'architecture comme domaine d'application et la place prédominante qu'occupe l'image dans ce domaine, ont donné à ces propositions une réelle pertinence.

La première proposition nous a permis de mettre en œuvre les résultats de notre thèse par la réalisation d'une application spécialisée dans la recherche de produits. Cette application a mis en évidence l'intérêt d'une formulation par l'image d'un besoin relatif à un autre type d'information. Cette formulation repose sur une méthode sémantique d'indexation des images qui, si l'on veut que la recherche par l'image soit efficace, demande de s'intéresser aux propriétés d'une image dite pertinente et à la forme et au contenu de la connaissance utilisée pour décrire ces «bonnes» images.

La première approche, qui prolonge ses travaux, s'intéresse à la définition d'un thesaurus qui joue le rôle de la connaissance adaptée à la description d'images représentant des références constructives. L'objectif ici est d'améliorer l'expression du sens de l'image dans son indexation afin que la recherche par l'image soit la plus pertinente possible. L'expérimentation qui est en cours de développement validera, nous l'espérons, les solutions proposées.

La seconde approche propose un thesaurus de concepts visuels pour indexer des références utilisables lors de la conception initiale d'un projet architectural. Une expérimentation a mis en évidence la pertinence de cette proposition pour l'interprétation des références. Elle a cependant montré les limites d'une appropriation personnelle de concepts visuels pré-établis.

Toutes ces approches tentent d'améliorer le modèle sémantique d'indexation des images par la définition de règles et de pratiques contribuant à augmenter la pertinence des moteurs de recherche. Ces méthodes, cependant, demeurent assez fastidieuses à mettre en place car elles sollicitent encore beaucoup la participation humaine. La dernière méthode proposée cherche, grâce à l'exploitation d'une source d'information intarissable, à automatiser le processus d'indexation sémantique. Il est important de remarquer que ces derniers travaux reposent également fortement sur une définition rigoureuse de la pertinence d'une image et du contenu de la connaissance utilisée pour identifier les termes à l'intérieur des documents contenant les images.

En conclusion, il est difficile de s'intéresser à la recherche d'informations par l'image dans un domaine particulier, sans investir à la fois dans l'étude de la pertinence d'une image dans ce domaine et dans l'expression de la connaissance qui sera utilisée pour décrire ces images. Certes, l'étude des modèles de recherche d'informations contribue à améliorer les capacités d'expression du sens d'une image ainsi que la pertinence de la mise en correspondance entre requête et document. Mais, l'utilisation des résultats de ces travaux dans la recherche d'informations par l'image serait peu fructueuse sans l'apport des études sur l'expression de la sémantique des images.

L'évolution des technologies du Web et plus particulièrement l'arrivée du Web sémantique favoriseront sans aucun doute l'étude du contexte d'une image et plus directement l'expression du sens de celle-ci. Mais cette évolution n'est possible qu'à partir du moment où chacun (les fournisseurs d'information et les consommateurs) participe à cette évolution en utilisant ces nouvelles technologies pour associer à chaque image son contexte.

Chapitre 5. Vers un modèle d'assistance à la conception coopérative et une vision contextuelle du projet.

I. Introduction

La conception et plus particulièrement la conduite de projet de conception sont des activités sociales et professionnelles impliquant un groupe d'acteurs appartenant à une ou plusieurs entreprises. A l'intérieur de ce groupe, les acteurs coopèrent afin de parvenir à un objectif commun pouvant être la production d'un document, d'un produit manufacturé ou encore d'un bâtiment. Dans cette coopération, le rôle d'un outil de gestion de projet est de permettre aux acteurs d'obtenir non seulement une vision de l'évolution de leurs travaux mais aussi une augmentation de leur potentiel d'action. Les outils existants, communément appelés workflow, reposent sur des modèles de coopération et de coordination où l'activité doit être explicite. Ils sont adaptés à la définition des processus présents dans l'industrie ou dans l'administration.

La conception collective et plus précisément la co-conception, que nous avons décrites dans le chapitre 1, restent un domaine où l'application de ces modèles et outils demeure difficile. En effet, elle nécessite une synchronisation cognitive basée sur une activité non planifiée que nous qualifions d'activité implicite. Ce cadre est celui de la conception coopérative que nous pouvons opposer à celui de la conception collaborative ou distribuée. Elle est menée par des acteurs autonomes, aux compétences variées et complémentaires. La conception architecturale n'échappe pas à ce contexte de coopération, elle le particularise.

L'objectif des travaux que nous avons investis dans ce domaine est la proposition d'un modèle de coopération adaptée à la co-conception avec comme champ d'application la conception architecturale. Cette étude, initiée dans le cadre du projet CoCAO⁴⁰, a fait l'objet de deux thèses [Malcurat 2001; Hanser 2003] et de plusieurs rapports de DEAs. Ce chapitre présente l'état actuel des propositions dans lesquelles nos expériences passées (les méta-modèles, les hypermédias et l'utilisation de l'image) ont largement contribué à leur élaboration.

En effet, le modèle se présente sous la forme d'un méta-modèle de coopération dont une instanciation a été réalisée dans le cadre de la conception architecturale. Ce modèle, fondé sur l'expression sémantique des relations existant entre les éléments du projet, permet d'assimiler le contexte du projet à un hypermédia dans lequel chacun des acteurs peut naviguer. L'hypermédia est visualisé sous la forme d'un graphe où l'aspect visuel de chacun des éléments apporte une information au lecteur. L'objectif de cette visualisation est de proposer aux différents acteurs une «image du projet» adaptée à leur implication dans l'activité collective. Cette vision imagée du projet a suscité auprès des architectes un intérêt particulier.

Nous aborderons dans ce chapitre le cadre de la coopération en conception ainsi que les particularités de la coopération dans la conception architecturale. Puis, nous présenterons les solutions que nous apportons en terme de méta-modèle et de visualisation. Ces travaux sont détaillés dans la thèse de D. Hanser [Hanser 2003].

II. La conception coopérative

Le chapitre 1 de ce mémoire a présenté quelques éléments de réflexion liés à l'étude de l'activité de conception qu'elle soit individuelle ou collective. Nous allons présenter dans ce paragraphe les grands

⁴⁰ CoCAO : Co-Conception Assistée par Ordinateur. Ce projet a pris part dans le cadre d'une collaboration avec l'équipe ECOO du LORIA et France Telecom R&D.

courants théoriques référencés dans les dernières approches concernant le Travail Coopératif Assisté par Ordinateur (TCAO) et intégrant une dimension humaine et sociale.

II.1. Analyse de l'activité humaine

L'étude de l'activité humaine et de son contexte a été initiée au début de XX^{ème} siècle par le psychologue russe Lev Vygotsky (1896-1934) qui est à l'origine de la théorie de l'activité [Cole and Scribner 1978]. La théorie du développement décrit par Vygotsky est centrée sur la dynamique de l'activité humaine dans un cadre social. Il fait l'hypothèse que l'action d'un sujet ne peut être séparée du contexte dans lequel évolue celui-ci. Ce n'est qu'en 1981 que des psychologues occidentaux s'intéressent à cette problématique grâce à la publication de James Wertsch : " The Concept of Activity in Soviet Psychology " [Wertsch 1981].

La théorie de l'action située [Suchman 1987] confirme l'importance du contexte dans le choix des actions d'un individu. Elle met en évidence que toute action dépend du contexte matériel et social dans lequel évolue le sujet. Cette approche essaye de comprendre comment un acteur parvient à adapter son action au contexte existant par l'étude de situations particulières.

II.1.1. Structure d'une activité

La théorie de l'activité propose le concept d'activité comme unité d'analyse des protocoles sociaux et du développement humain. L'activité conserve et décrit un contexte minimal associé aux actions d'un individu [Kuutti 1996]. Trois niveaux d'abstraction ont été identifiés par Leontiev [Leontiev 1978], disciple de Vygotsky, pour appréhender une activité : l'activité, l'action et l'opération. Un individu réalise une activité par des actions qui mettent en œuvre des opérations. L'activité est guidée par un objectif. Elle peut être assimilée, d'un point de vue systémique, à un processus de transformation d'un objet découpé en étapes. L'action, quant à elle, vise à atteindre un but précis identifié comme résultat d'une étape. L'exécution d'une opération, au sein d'une action, se situe au niveau de l'inconscient, et fait appel aux connaissances et aux apprentissages de l'individu dans le domaine concerné. L'opération est exécutée lorsqu'une certaine condition est remplie.

Activité/Objectif	Préparer un Repas	Réaliser un plan de maison	Réaliser une BD
Action/But	Choisir le menu Faire les courses Cuisiner Mettre la table	Modéliser le terrain Dessiner une esquisse Définir les espaces Dessiner les plans	Modéliser les données Choisir un SGBD Construire le modèle Créer la base Programmer les écrans
Opération/Condition	Lire un livre Ecrire une liste Payer en liquide Casser les œufs	Dessiner Utiliser un logiciel Prendre des mesures	Dessiner Utiliser un logiciel Programmer

Tableau 1 : Activité, Action, Opération. Exemples.

L'appropriation ou l'internalisation par l'individu de son activité externe, sous la forme d'images mentales ou d'artefacts qui médiatisent ses interactions avec son environnement pour agir sur l'objet, constitue le processus de **médiation**. Ce processus est lié à l'activité et à son contexte, c'est-à-dire «aux modes et aux moyens qui sont transmis par d'autres au cours du travail d'équipe et des relations sociales»[Kuutti 1996].

Engeström a explicité le processus de médiation en proposant un modèle structurel de l'activité où apparaît le concept d'outil ou d'artefact qui médie la relation entre le sujet et l'objet [Engeström 1990]. L'outil permet au sujet de réaliser l'objet en complétant ou en étendant son potentiel d'action.

II.1.2 L'activité collective

Engeström a fait évoluer la structure représentant l'activité «individuelle» aux activités collectives, en intégrant de nouveaux concepts tels que : la communauté, la règle et la division du travail (cf. Figure 57).

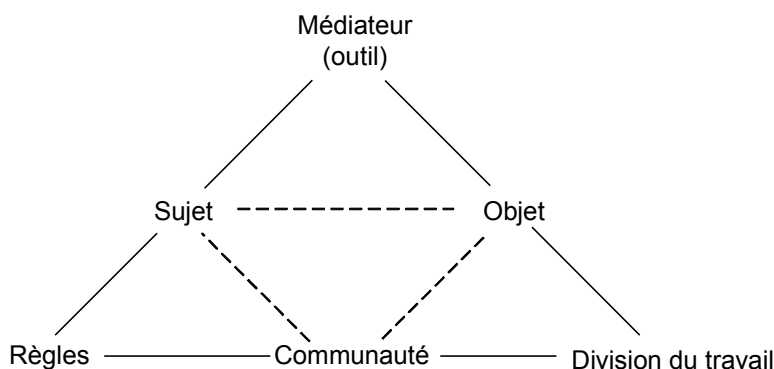


Figure 57 : La structure d'une activité collective (extrait de [Hanser 2003])

L'individu qui participe à une activité au sein d'un groupe doit respecter des codes et des règles sociales propres à la communauté. Ces règles représentent les artefacts qui médient la relation sujet/communauté. Ces règles sont, soit de l'ordre de l'explicite (loi, norme, contrats), soit de l'ordre de l'implicite (conventions sociales, respect de la hiérarchie). Ces deux formes de règles induisent respectivement deux formes de coordination, explicite et implicite, au sein du groupe, que nous avons décrites au premier chapitre (cf. Chapitre 1, § II.2.2-c).

Ces règles définissent le rôle attribué à chaque individu participant à une activité qui conditionne son potentiel d'action. Le potentiel d'action se matérialise par l'ensemble des actions que les acteurs peuvent réaliser sur les artefacts qui médient l'activité.

La division du travail médie la relation communauté/objet en se référant à l'organisation explicite de la communauté participant au processus de transformation de l'objet. Elle définit la répartition du travail aux membres de la communauté en tenant compte de l'étendue du domaine et des capacités spécifiques des individus participant à l'activité. La coordination est l'activité qui réalise ce découpage (cf. Chapitre 1, § II.2.2).

II.1.3. La conscience de groupe

La mise en œuvre des concepts liés à l'activité et à son contexte dans un outil d'assistance à la coopération n'est pas immédiate. L'outil se place comme un médiateur de la structure du groupe et de son activité. La compréhension des rapports existant entre individu et groupe est nécessaire à cette médiatisation.

Nombreux sont les travaux en psychologie qui étudient les rapports de forces existant entre l'individu et le groupe [Blanchet and Trognon 1994]. Ces études font état de rapports totalitaires, de préjugés, de résistances au changement ou encore de rapport d'influence. La médiatisation par l'outil doit permettre de réduire toute forme de résistance provenant de l'individu face au groupe. La méfiance naturelle d'un individu face à une situation de coopération doit diminuer par l'utilisation de l'outil. L'outil doit favoriser la cohésion du groupe et l'implication individuelle de chaque acteur par la visualisation cohérente des changements, des décisions prises et plus globalement du contexte de l'activité.

Le terme de **conscience de groupe** est utilisé [Anzieu and Martin 1994] pour désigner un contexte propice à la coopération. Elle est caractérisée par les situations suivantes :

- La conscience d'être ensemble et de coopérer,
- Le sentiment d'avoir un objectif,
- La possibilité d'observer un progrès dans la marche vers l'objectif,
- Le fait que chaque membre soit responsable de tâches spécifiques nécessaires à l'accomplissement de l'objectif.

Afin de dynamiser cette conscience de groupe pour chacun des acteurs, l'outil d'assistance à la coopération se doit de proposer un ensemble intelligible d'informations dans lequel chaque acteur trouve les réponses à ses questions, générées par sa méfiance naturelle envers la situation de coopération mais aussi envers l'outil. Cette compréhension de l'état de la coopération est essentielle au bon déroulement de l'activité collective. Les démarches mises en œuvre dans l'outil pour créer cette conscience sont nommées dans la littérature anglo-saxonne : «awareness» [Dourish and Bellotti 1992]. De nombreux travaux dans ce domaine font référence à l'ethnométhodologie [Bourguin 2000], courant critique de la sociologie, qui étudie les interactions sociales au sein d'une communauté et les manières utilisées par les membres du groupe pour les rendre intelligibles aux autres.

Les informations générées pour la conscience de groupe doivent permettre de répondre aux questions sur :

- L'activité : quel est son objectif ? quel est son état ? qui doit faire quoi ? qui a fait quoi ? que doit-je faire ?
- Le groupe : quels sont ses membres ? quelles sont leurs compétences ? Y-a-t-il une hiérarchie à respecter ?
- L'outil : qui travaille actuellement ? comment informer les membres ? les autres membres sont-ils au courant de ce que je fais ?
- L'objet : quel est son état ? est-ce que je peux y accéder ? quelles sont les actions que je peux faire dessus ?

Cette liste n'est sûrement pas exhaustive, mais elle montre dans quel état d'esprit se trouve un utilisateur face à un outil d'assistance. Les informations données par l'outil doivent permettre à l'utilisateur d'assimiler le contexte de l'activité afin qu'il se construise **l'image opératoire** qui le guidera dans ses actions futures.

II.2. Analyse des outils de coopération

L'analyse de la structure de l'activité collective a mis en évidence que l'appréhension de son contexte par chacun des acteurs est essentielle au bon déroulement de l'activité. Les outils de travail collaboratif assisté par ordinateur (TCAO) ont pour objectif principal de fournir un environnement de travail partagé par une communauté d'acteurs. L'outil de TCAO médiatise l'activité de groupe afin de couvrir cinq objectifs principaux [David 2001]:

- Obtenir un gain de performance,
- Capitaliser la connaissance,
- Améliorer les temps de réponse,
- Partager les compétences,
- Faciliter le travail à distance.

II.2.1 Caractérisation des outils

La caractérisation des outils existants peut s'effectuer en considérant leur dimension spatio-temporelle [Johansen 1988] pour obtenir une matrice espace/temps (cf. Tableau 2). Cette matrice ne permet pas de classer toutes les formes d'outils existants. Pour compléter cette classification, il est nécessaire de s'intéresser aux services rendus par l'outil et ainsi, de caractériser ses fonctions. Dans cet objectif, Ellis et Wainer [Ellis and Wainer 1994] proposent un cadre d'analyse guidé par l'étude de trois aspects descriptifs :

- L'aspect ontologique qui définit les objets manipulés lors de la coopération ainsi que les opérations pouvant être accomplies sur ces objets,

- L'aspect coordination qui définit l'organisation et les relations entre les activités des participants,
- L'aspect interface qui définit les interactions possibles entre les acteurs de la coopération et l'outil.

Espace\Temps	Même temps	Temps différents
Même lieu	<u>Réunion face à face</u> • Vidéo-projecteur • Tableau blanc • Mémo • Salles de conférences	<u>Mémoire électronique</u> • Intranet • Kiosque électronique • Partage des fichiers
Lieux différents	<u>Réunion Virtuelle</u> • Vidéo/ Visio conférences • Partage d'Application • Editeur Synchrones • Shared offices (MediaSpace)	<u>Coordination permanente</u> • Courrier électronique, Internet • Forum • Workflow • Outils d'éditations en groupe

Tableau 2 : La matrice Espace/Temps

Cette décomposition tripartite a inspiré la définition du trèfle fonctionnel [Salber, Coutaz et al. 1995] définissant trois espaces de coopération dans lesquels les fonctions sont en cohésion (cf. Figure 58). L'espace de production permet aux acteurs d'agir ensemble sur des données partagées, l'espace de communication leur permet d'échanger de l'information et l'espace de coordination leur permet de planifier leurs activités respectives.

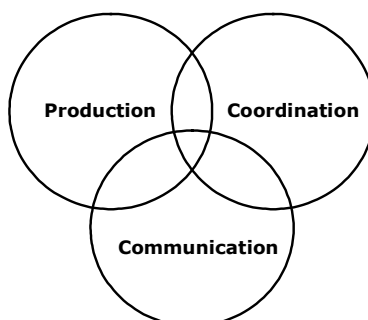


Figure 58 : Le trèfle fonctionnel

Dans cette version du trèfle, l'espace de communication reflète à la fois les communications synchrones dont on perd toute trace dans l'outil après leur déroulement et les communications asynchrones générant de l'information archivée dans le système. Une évolution du trèfle a été proposée [David 2001] sous la forme d'un trèfle à quatre feuilles intégrant un nouvel espace de «conversation» représentant les communications ne produisant pas d'information persistante. L'espace de communication représente alors les communications générant de l'information persistante (cf. Figure 59).

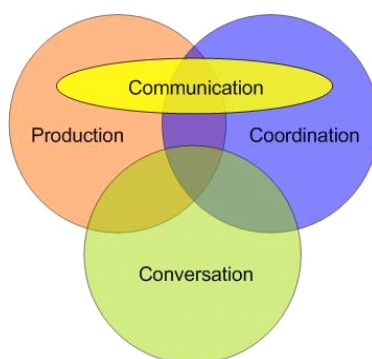


Figure 59 : Evolution du trèfle fonctionnel

Les fonctions proposées dans un outil de TCAO couvrent une partie de ces différents espaces suivant le domaine d'application. Un outil de workflow couvrira principalement l'espace de coordination, tandis qu'un outil de groupware ou collecticiel couvrira mieux l'espace de communication (cf. Figure 60).

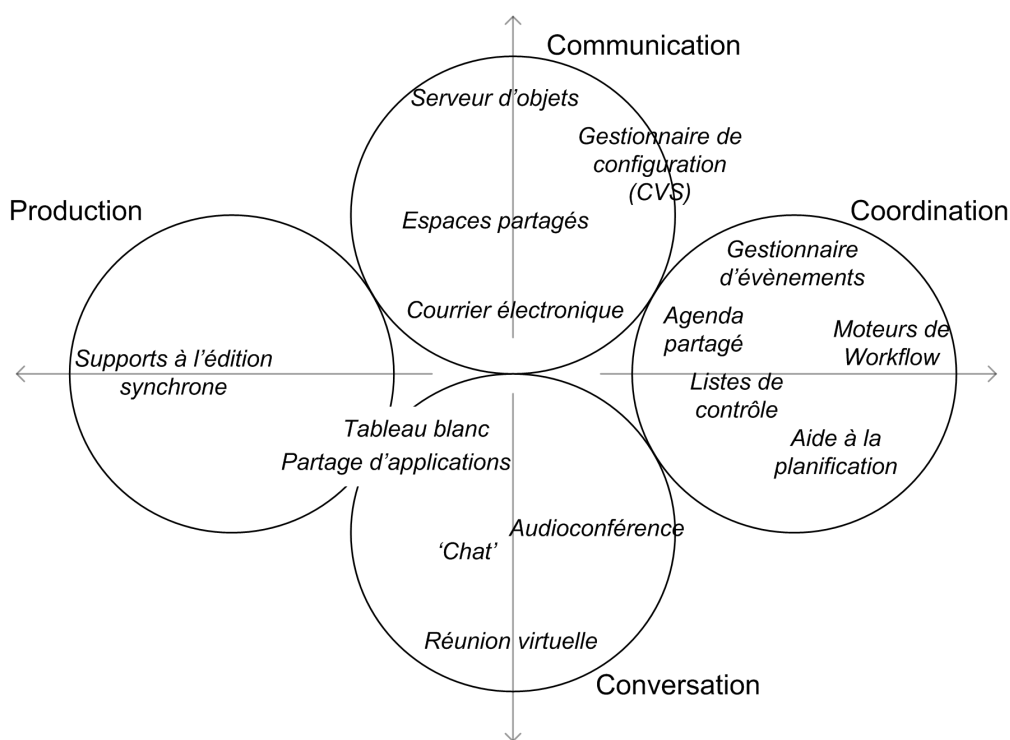


Figure 60 : Répartition des outils dans les espaces fonctionnels

La mise en place de la coopération (la description de l'espace partagé, la planification des activités, la description des groupes), le contrôle de l'activité et son adaptation aux aléas inhérents à tout projet, la détermination des conflits et leur résolution, toutes ces activités constituent des points critiques et déterminants du succès du travail collectif. Elles délimitent l'espace de «régulation». Même si nombreux sont ceux qui qualifient ces activités d'«activités de coordination», leur spécificité demande à ce qu'elles soient considérées comme des activités particulières nécessitant des fonctions propres dans l'outil. L'équipe SysCom de Savoie [Ferrari and Martel 2000] propose d'ajouter cet espace au trèfle fonctionnel (cf. Figure 61).

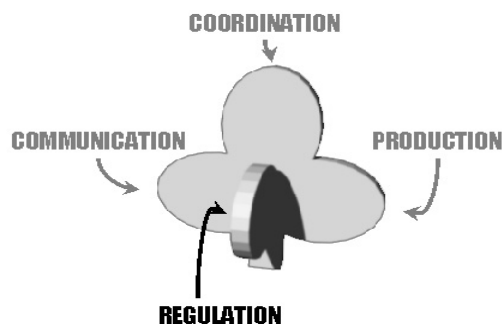


Figure 61 : La régulation, un espace fonctionnel

Deux modes d'assistance complémentaires peuvent être mis en évidence : l'assistance par la régulation prescriptive et l'assistance par la régulation émergente. Ces deux formes d'assistance s'appuient naturellement sur les deux formes de coordination que nous avons énoncées au chapitre 1 (cf. Chapitre 1, § II.2.2-c). La régulation prescriptive ou explicite repose sur de la coordination explicite. La régulation émergente repose, quant à elle, sur de la coordination implicite.

La régulation explicite instrumente les modes de coordination explicite par l'implémentation de modèles normatifs et prescriptifs de coopération, matérialisés par la spécification de règles ou de procédures d'interactions les plus formalisées possibles. Cette forme de régulation existe dans les outils de type workflow destinés à automatiser la gestion des flux de communication, de documents ou de processus opératoires. Les critiques émises quant à l'utilisation d'une telle régulation dans un contexte de conception s'appuient sur des principes du courant ethnométhodologique. Cette approche rigidifie le contexte de la coopération en limitant la capacité d'improvisation des acteurs, ce qui est incompatible avec toute situation de conception où l'indéterminisme est important. Les approches récentes cherchent à combler ce manque de flexibilité en offrant aux acteurs les moyens d'adapter l'outil à leur contexte de coopération en proposant des systèmes plus flexibles [Dourish, Edwards et al. 1999] ou malléables [Bourguin 2000] ou en donnant aux acteurs la possibilité de définir leur contexte de coopération [Ferrari and Martel 2000].

La régulation émergente consiste à outiller les processus informels, caractéristiques des approches de conception. L'outil médiatise les interactions des acteurs en donnant accès à un espace commun contenant les informations contextuelles de la coopération. La représentation du contexte est alors importante, elle conditionne **l'observabilité** et la **perception mutuelle** des activités. Les travaux sur «l'awareness» vont dans ce sens. Ils cherchent à abolir les contraintes d'espace et à instrumenter les processus informels de coordination par la mise en œuvre de mécanismes d'adaptation et d'auto-organisation.

Dans un collectif, les mécanismes (ou les artefacts physiques) assurant cette fonction sont le plus souvent rencontrés sous le terme anglais d'awareness. Les outils proposant de répondre à ce problème s'appuient le plus souvent sur des fonctionnalités permettant de gommer les distances entre acteurs par l'usage de «média spaces» utilisant des canaux audio et vidéo. Ceci n'est pas suffisant car le problème ne se limite pas à l'abolition des contraintes d'espace [Schmidt and Wagner 2002] mais repose sur l'instrumentation de processus improvisés et informels relevant de mécanismes d'adaptation et d'auto-organisation apparaissant au cours de l'articulation de l'activité collective [Schmidt 2002].

La perception que les acteurs auront de leur contexte collaboratif leur permettra de prendre conscience de l'état dans lequel se trouvent les objets partagés et ainsi d'interagir avec les autres acteurs. Ces interactions prendront des voies plus ou moins formelles en fonction de l'importance du problème soulevé par l'acteur (demande informelle d'information ou remise en cause du planning de projet). En somme, les fonctionnalités ou les artefacts permettant de faire naître de **l'observabilité mutuelle** sont ceux qui permettront aux acteurs de répondre aux questions qu'ils se poseront au sujet de leur contexte de travail.

Si l'on se réfère à ce que nous montrent Anzieu et Martin, nous pouvons imaginer que **l'observabilité mutuelle** est de nature à favoriser la conscience de groupe car elle permet de limiter les « zones d'ombres » en diffusant une information équitable au sujet des actions et du travail effectué par les participants à une activité. Dans un cas réel, il n'existe cependant jamais de situation qui appartiendrait uniquement à une de ces deux catégories. Une situation interactive sera toujours une combinaison de ces deux modes de coordination.

II.2.2. Conclusion

Au cours de la conception, les acteurs privilégient un mode de coordination recelant une grande part d'implicite. Cette part d'implicite s'accompagne inévitablement d'une planification de l'activité du groupe car nous ne nous trouverons jamais dans une situation totalement informelle. La règle est toujours présente mais les acteurs disposent d'une grande latitude de décision. L'apport d'un collecticiel dans ce contexte sera donc de supporter les deux modes de régulation décrits précédemment tout en mettant l'accent sur la « perception contextuelle » offerte aux acteurs impliqués. La perception du contexte passe, comme nous venons de le voir, par la diffusion aux acteurs d'informations qui sont relatives à leurs environnements [Salvador, Scholtz et al. 1995]. Ainsi, la capacité d'un outil à favoriser l'observabilité mutuelle des acteurs est directement liée à l'assistance fournie à un acteur désirant trouver une réponse aux questions qu'il se pose. La facilité avec laquelle les acteurs vont être en mesure de répondre à ces questions est largement conditionnée par l'adéquation du système avec la « culture informatique » des acteurs. Déterminer la capacité d'appropriation du système par les agents passe inévitablement par un travail d'enquête sur les cultures du domaine à instrumenter. Ce travail a été réalisé, dans notre cas sur deux plans en prenant part à un groupe de réflexion sur l'application des collecticiels au domaine du bâtiment puis en réalisant des expérimentations impliquant des praticiens afin de déterminer les rapports qu'ils entretiennent avec ce type d'outils.

Le potentiel d'action de tout acteur utilisant un outil d'assistance à la coopération est correctement délimité par ces modèles d'analyse des « espaces fonctionnels ». Mais les approches théoriques montrent que l'appréhension du contexte, et par conséquent sa visualisation, est déterminante dans le choix de l'action. Les fonctions existent et fonctionnent, mais elles possèdent chacune un contexte particulier suivant l'espace dans lequel elles agissent. Le contexte d'une activité coopérative est alors diffus et difficilement appréhendable par un utilisateur. Afin de proposer une vue synthétique du contexte, il est nécessaire de le représenter dans son ensemble au travers d'un modèle et de l'associer avec une visualisation qui favorise sa compréhension.

II.3. La coopération au sein d'un projet architectural

Dans un projet architectural, les relations entre les acteurs peuvent être décomposées en deux familles correspondant aux deux grandes phases d'un projet : la première au cours de la conception et la seconde au cours de la construction.

II.3.1 Le cadre de la coopération

Les connaissances rassemblées autour des processus de conception [Conan 1990; Prost 1995] et de construction [Armand and Raffestin 1997] nous permettent de dresser un bilan des exigences des deux étapes d'un projet architectural (cf. figure 62) :

– Organisation : cet axe décrit l'organisation sociale du groupe de projet. Dans une organisation purement hiérarchique, un acteur dirige tout le groupe. Dans un groupe basé sur la coopération, les acteurs échangent et se coordonnent spontanément. Les phases de construction se rapprochent d'un processus de production industriel. Elles se révèlent donc plus hiérarchisées que les phases de conception.

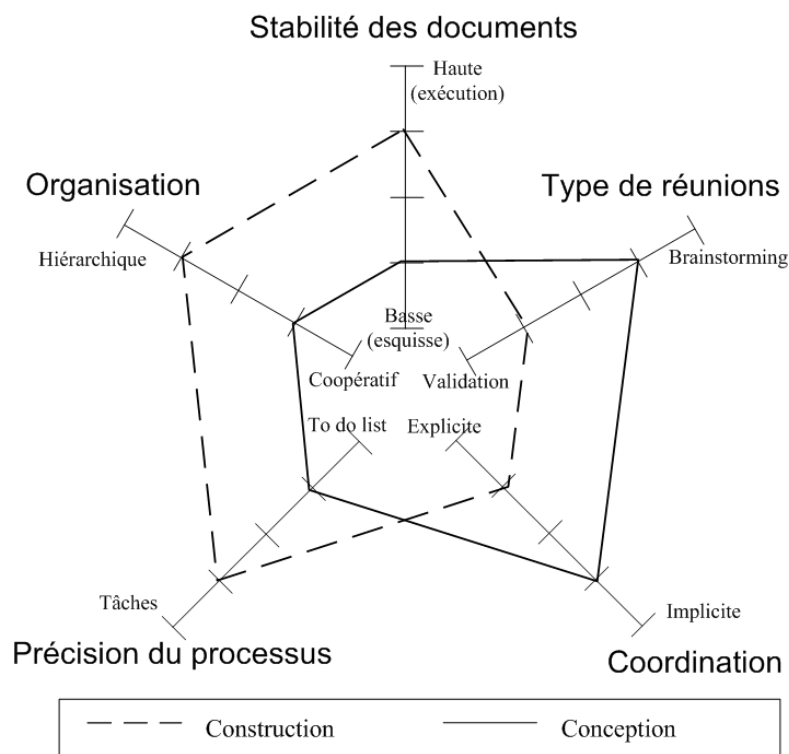


Figure 62 : Protocoles sociaux et interactifs au cours d'un projet architectural.

– Stabilité des documents : au cours des phases de conception, les choix et les documents produits sont fréquemment remis en cause afin d'intégrer à la fois les aspects techniques, économiques et les besoins du maître d'ouvrage. Lors de la construction, les changements portent essentiellement sur une précision de détails et de procédés constructifs. L'évolution des documents se trouve donc plus linéaire.

– Type de réunions : les concepteurs doivent évaluer les besoins de leur maître d'ouvrage, exposer le point de vue conceptuel sur le projet, étayer leur parti technique. Les réunions au cours des phases de conception sont donc fréquentes, non planifiées à l'avance et proches de séances de brainstorming. Au contraire, les réunions de chantier portent sur la validation de l'avancement et l'assignation de nouvelles tâches aux constructeurs ; elles sont régulières et planifiées.

– Coordination : lors de la construction, l'ordre d'intervention des corps d'état est connu, les réunions de chantier sont planifiées et périodiques, les acteurs connaissent les délais qui leur sont alloués. Nous sommes en présence d'une coordination explicite (Godart et al., 2001). Au cours de la conception, l'interaction des acteurs est peu planifiée et par conséquent plus proche d'une coordination implicite.

– Précision du processus : au cours d'une phase de conception, contrairement à la production, nous connaissons les documents que nous devons produire mais nous ignorons le nombre et le type des documents intermédiaires à réaliser.

La phase de conception d'un projet architectural se caractérise par ce que Maher appelle une collaboration exclusive (Maher et al., 1998) dans laquelle les acteurs travaillent sur des parties du problème, négociant et demandant conseil aux autres acteurs impliqués. Ce type de travail collectif nécessite de la part des acteurs une grande implication pour être créatif (Kvan, 2000). Un des moyens mis en avant pour renforcer la capacité opérationnelle (Shea et al., 1987) de ce type de structure est la création d'une conscience de groupe (awareness) par une diffusion équitable des informations relatives à l'évolution du projet (Dourish et al., 1992). La coopération au sein d'un projet de conception

architecturale constitue alors un bon cadre d'expérimentation pour la proposition d'un modèle d'assistance à la conception coopérative.

II.3.2 Exemple de coopération, la place Painlevé

La plupart des outils coopératifs proposés sur le marché, dédiés ou non au bâtiment, repose sur une représentation hiérarchique de l'information (BSCW, Teamwave, Buzzsaw, Batibox...). Afin d'évaluer les problèmes liés à ce type d'organisation de l'information, nous avons mené une expérimentation d'utilisation d'un de ces outils dans le cadre d'un projet de restructuration d'un espace urbain : la place Paul Painlevé à Nancy. Ce projet a impliqué plusieurs niveaux d'acteurs : une agence d'architecture, les services techniques de la mairie et une commission de quartier.

a. Contexte

Le projet s'est déroulé sur une durée de 6 mois. Un plan qualité a été fourni aux intervenants. Ce dernier comportait la nomenclature des fichiers, des indications sur les règles d'échange et spécifiait les formats d'échange de fichiers. La mise en place d'un tel document est indispensable pour permettre une cohérence des données et rendre possible le partage d'informations par le biais d'un logiciel.

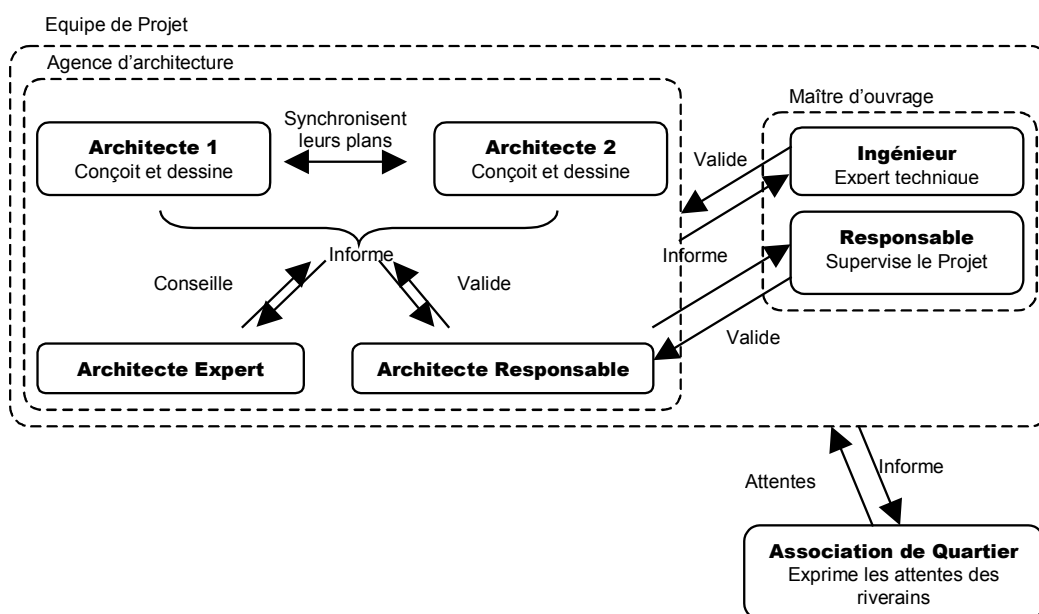


Figure 63 : Organisation d'une équipe de projet de conception

Pour les besoins de l'expérimentation, nous avons utilisé un collecticiel généraliste (BSCW développé par GMD-FIT) [Bentley, Horstmann et al. 1995]. Par rapport aux besoins que nous avons pu identifier, les possibilités offertes par cet outil reflètent les fonctionnalités [Salvador, Scholtz et al. 1995] proposées par la majeure partie des collecticiels que nous avons analysés. Pour cette étude, nous nous affranchirons des considérations ergonomiques, les acteurs étant sensibilisés et formés à l'utilisation de cet outil.

b. Déroulement

Le déroulement de ce projet a permis de mettre en évidence des relations et des rôles tenus par les acteurs au cours de la conception du projet (cf. Figure 63). Au cours de cette activité, les acteurs manipulent des documents. Les rôles sont les suivants : architecte, architecte expert, responsable, MO délégué voirie/réseaux, MO délégué responsable, usagers (commission de quartier).

Nous prendrons comme exemple la réalisation d'un plan d'aménagement de la place. Au début de la coopération, les acteurs doivent structurer l'information dans l'outil de manière à respecter les différents niveaux de validation, d'abord en interne, à l'agence d'architecture puis auprès de la maîtrise d'œuvre. L'attribution des droits s'appuie sur une organisation hiérarchique de répertoires qui autorise et fige les différents niveaux de validations (cf. Figure 64b). Cette organisation ne correspond pas à une représentation satisfaisante de la progression du projet. Elle reflète au mieux la hiérarchie existante au sein du groupe plutôt que l'esprit relationnel de celui-ci.

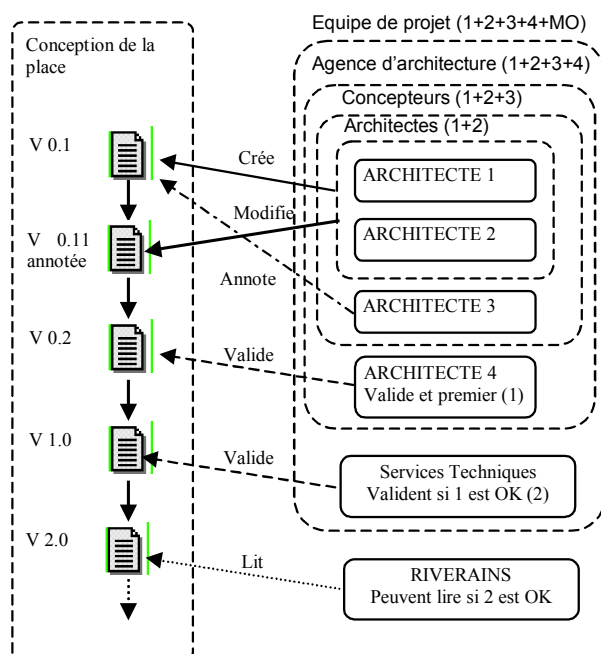


Figure 64a : Séquence de validation d'un document

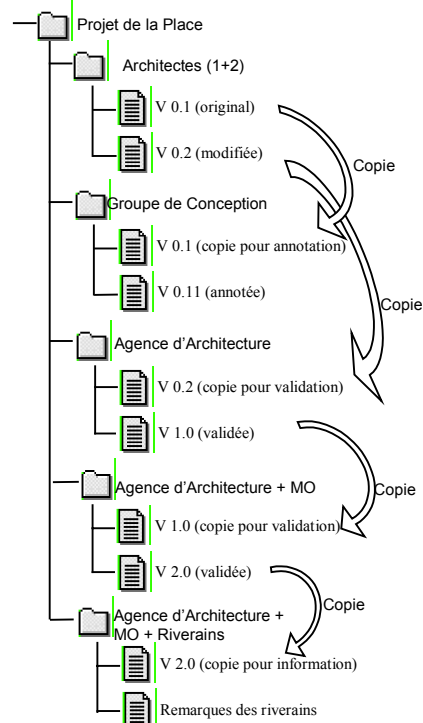


Figure 64b : Structuration en répertoire correspondant à l'organisation du projet et copies de fichiers découlant de cette organisation

c. Analyse de l'expérimentation

Le déroulement de ce projet illustre la nécessité de mettre en place des règles d'échange très rigides pour préserver la cohérence du système. Ces règles portent principalement sur la nomenclature des noms de fichiers et sur l'organisation des calques. L'expérience montre que s'il est aisé de s'accorder sur une organisation cohérente des calques à l'intérieur des pièces graphiques, il n'en va pas de même pour les règles portant sur les noms des fichiers. En effet, chaque acteur attribue aux fichiers un nom qu'il juge explicite mais ce nom ne suffit pas pour identifier le document dans un contexte multi-utilisateurs.

Le principe de structuration de l'information utilisée dans la plupart des collecticiels existants oblige les utilisateurs à créer des copies des fichiers lors des phases de validation (cf. Figure 64b). Lorsqu'un acteur désire échanger un document, il est obligé de copier ou de déplacer ce document dans un autre répertoire. La multiplication des copies rend difficile la recherche d'informations et augmente considérablement le risque de voir apparaître des incohérences et des conflits entre des versions concurrentes.

La vision que donne l'outil du projet est la même pour tous les acteurs quelque soit leur rôle au sein du projet. Les événements liés à l'activité sont systématiquement visibles. Ils contribuent certainement à l'amélioration de la conscience de groupe et donc de la coordination implicite [Godart, Halin et al.],

mais lorsqu'ils sont trop nombreux et parfois inopérants c'est vers une surcharge cognitive que le système oriente l'utilisateur. Ainsi les collecticiels actuellement disponibles proposent une vue encore trop proche de l'organisation physique des données qui ne peut en aucun cas refléter l'organisation sociale du projet. La prise en compte de cette dimension associée à un mode alternatif de structuration de l'information [Dourish, Edwards et al.] nous semble une piste à suivre pour la définition d'un nouveau modèle de coopération proposant une vision contextuelle et adaptative du projet.

III. Un Meta-Modèle de coopération orienté «relation»

Le domaine de la conception et plus particulièrement de la conception architecturale constitue un contexte particulier de coopération basé sur des relations à la fois hiérarchiques et coopératives entre acteurs (Bernoux, 1990). Chaque composant du projet possède un environnement spécifique avec lequel il entretient des relations. Par exemple, un acteur entretient des relations avec ses documents, les activités auxquelles il participe et les acteurs également impliqués dans le projet. Le modèle de coopération que nous proposons est la représentation des relations existant dans un projet de conception. La définition de ce modèle s'inscrit dans les approches par meta-modélisation [Lemesle 2000] utilisées dans le standard MOF (Meta Object Facility) proposé par l'OMG (Object Management Group).

III.1. Objectif du Méta-Modèle

Notre proposition repose alors sur la définition d'un meta-modèle de coopération relationnel permettant la prise en compte des relations existant entre les éléments d'un projet. L'instanciation de ce meta-modèle permet la définition de modèles de coopération dédiés au domaine du bâtiment tels que la maîtrise d'œuvre d'ouvrages publics conformément à la loi française en cours (loi MOP, 1988).

Ce cadre de modélisation (cf. Figure 65), que nous avons déjà évoqué et utilisé au chapitre 2, favorise à la fois la mise en place d'échanges de données entre différents modèles, mais aussi la malléabilité des modèles de niveau M1.

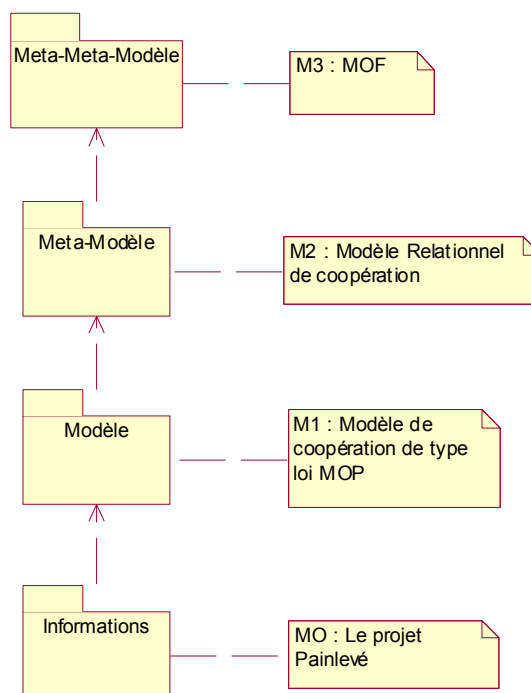


Figure 65 : Architecture de Meta-Modélisation

L'adoption de cette structuration proposée par l'OMG rend plus lisible notre modèle en différenciant les concepts d'ordre générique (M2), communs à toutes les pratiques coopératives du projet de conception, des concepts propres au domaine du bâtiment (M1), puis de leur application dans un cas particulier de projet (M0) pouvant être le projet que nous avons donné en exemple dans le paragraphe précédent.

La prise en compte de cette architecture permet d'envisager la définition de passerelles entre outils de modélisation d'organisation ou de processus, outils de gestion de projet et outils de conception. Le principe du MOF est de normaliser les échanges entre modèles en offrant des règles de projections indépendantes de toute plate-forme. La persistance est assurée par l'utilisation d'un langage structuré comme XML (Extensible Markup Language). L'ensemble des règles de projection est formalisé dans la spécification XMI (Xml Métadate Interchange)[OMG 2000].

Le premier objectif que nous souhaitons atteindre à travers ce type de modélisation est de décrire le sens d'un projet de conception et de proposer une représentation graphique adaptée. Pour cela nous proposons deux meta-modèles : le premier décrit la structure d'un graphe d'informations, le deuxième décrit le cadre d'une coopération relationnelle. L'instanciation de ces deux meta-modèles donne respectivement un modèle de graphe orienté visualisation de projet et un modèle de coopération dédié au domaine du Bâtiment. La définition de règles d'échanges entre ces deux modèles permet la proposition d'une visualisation contextuelle d'un projet coopératif dédié au bâtiment.

III.2. Les concepts principaux du meta-modèle de coopération relationnel

Comme nous l'avons vu dans l'exemple de coopération présenté précédemment (§ II.2.3), les modèles utilisés dans la plupart des outils de gestion de projet dédiés au bâtiment sont basés sur une gestion hiérarchique de l'information, ce qui ne permet pas de représenter les relations entre les éléments n'appartenant pas à la même arborescence. Ces outils obligent les acteurs à opter soit pour une organisation orientée document, soit pour une organisation orientée sur les activités. Par opposition, une structure basée sur un hyperdocument permet à l'utilisateur d'obtenir l'une ou l'autre vue à la demande (Halasz et al., 1994).

Ce meta-modèle et le meta-modèle décrivant un graphe d'informations reposent sur une structuration de l'information qui est à la fois hiérarchique et relationnelle. L'objectif de cette structuration est d'assimiler la représentation d'un projet coopératif à un hyperdocument afin de proposer à l'utilisateur des visions alternatives et adaptatives du contexte coopératif. La définition des classes principales de ces meta-modèles est une extension du patron de conception Composite (Gamma et al., 1994) représentant à la fois l'organisation hiérarchique d'un ensemble d'informations (composition, agrégation) et les relations existant entre celles-ci (cf. Figure 66). Cette organisation de l'information est celle qui s'apparente le mieux à la notion d'hyperdocument.

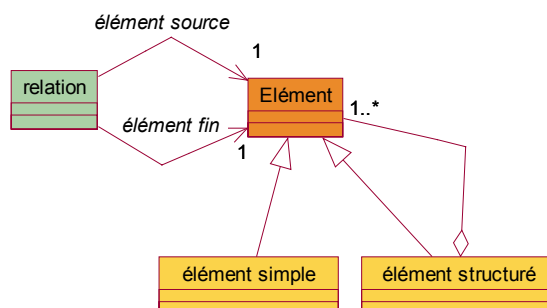


Figure 66 : Le patron de construction des Meta-Modèles

La définition des concepts contenus dans ce meta-modèle se base sur les travaux adoptant un point de vue conceptuel sur la définition des collecticiels (Ellis et al., 1994) [Salvador, Scholtz et al. 1995].

Ces travaux nous ont permis d'entrevoir comment ces concepts fondamentaux pouvaient être réinterprétés à la lumière de notre domaine d'application (Halin et al., 2002).

III.2.1. Les acteurs

Un acteur se caractérise par sa capacité d'action et possède une autonomie dans sa prise de décision. L'acteur agit, donne son opinion ou produit de l'information à l'intérieur du projet.

Un acteur est caractérisé par la place qu'il occupe dans l'organisation (l'entreprise à laquelle il appartient et son niveau hiérarchique) mais aussi par ses capacités, c'est-à-dire sa spécialité et ses compétences propres. Il est donc nécessaire de rendre le plus explicite possible l'éventail des compétences possédées par un acteur. Par exemple, définir un architecte uniquement par son métier est insuffisant car celui-ci peut être spécialisé dans un type précis de construction (logement, bâtiment professionnelle, ...) et posséder une expérience dans le domaine informatique. Ces données relatives aux compétences des acteurs permettent de clarifier et d'orienter l'attribution des rôles dans le projet et les possibilités d'action qui en découlent.

L'acteur agit à l'intérieur des activités constituant le projet et entretient des relations avec son environnement en collaborant avec d'autres acteurs et en produisant des documents.

III.2.2 Les documents métier

Un document métier représente les constituants d'un «délivable», c'est-à-dire l'ensemble des pièces relatives à un point d'un contrat. Par exemple, un dossier de consultation des entreprises comprendra des plans, des tabulaires et des textes. Le document métier est donc une agrégation de fichiers au sens informatique. Un document métier peut rassembler plusieurs autres documents. Enfin, les documents sont réalisés par des acteurs au sein d'activités.

III.2.3. Les activités

Les activités constitutives d'un projet présentent plusieurs niveaux de granularité (Projet, Phase, Etape, Tâche, Requête). Ces activités peuvent avoir un objectif différent (la coordination, la production, la synthèse). Elles peuvent faire partie de la coordination explicite entre les acteurs établie avant le déroulement de l'activité englobante ou faire partie de la coordination implicite générée lors du déroulement de l'activité.

Nous remarquons que ces concepts fondamentaux entretiennent des liens réciproques. Ce sont ces liens que nous généralisons sous le concept de relation, ce qui nous permet de définir ce que nous appelons le triangle relationnel (cf. Figure 67).

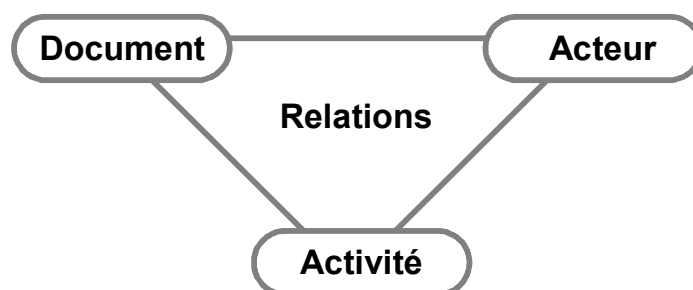


Figure 67 : Le triangle relationnel, fondement du meta-modèle de coopération

III.2.4 Les relations

Une relation identifie un type de lien existant entre deux éléments du modèle : Acteur, Activité ou Document. Avant de nommer explicitement chacune des relations existant au sein d'un projet, considérons les différentes catégories présentes :

- Les relations entre acteurs et activités sont intimement dépendantes du rôle d'un acteur dans une activité (responsable, producteur, ...).
- Les relations entre acteurs et documents sont proches de celles utilisées dans l'édition : Supervise, Produit, Commente, Consulte, Corrige, Diffuse.
- Les relations entre activités et documents sont relatives à la production d'information : Génère, Utilise (Cahier des charges, Normes références, Contrats)
- Les relations entre acteurs trouvent leur terminologie dans la gestion des ressources humaines : Dirige, Collabore (fournit et reçoit de l'information).
- Les relations entre documents sont celles utilisées dans la gestion de configurations : nouvelle version, fait référence à, est la synthèse de, etc....
- Les relations entre activités sont de l'ordre de la planification : suit, précède, etc....

Trois classes représentent les concepts généraux de notre meta-modèle : acteur, activité et documents (cf. Figure 68). Ces concepts sont également liés entre eux par des relations. La relation Acteur-Activité est de premier ordre dans ce modèle, car elle participe à la représentation du rôle joué par un acteur dans une activité (qui peut faire quoi ?) et du rôle qu'a joué un acteur dans une activité (qui a fait quoi ?). La relation qui unit acteur et activité constitue un cas particulier, car elle conditionne les autres relations. Cette relation est le rôle d'un acteur dans une activité.

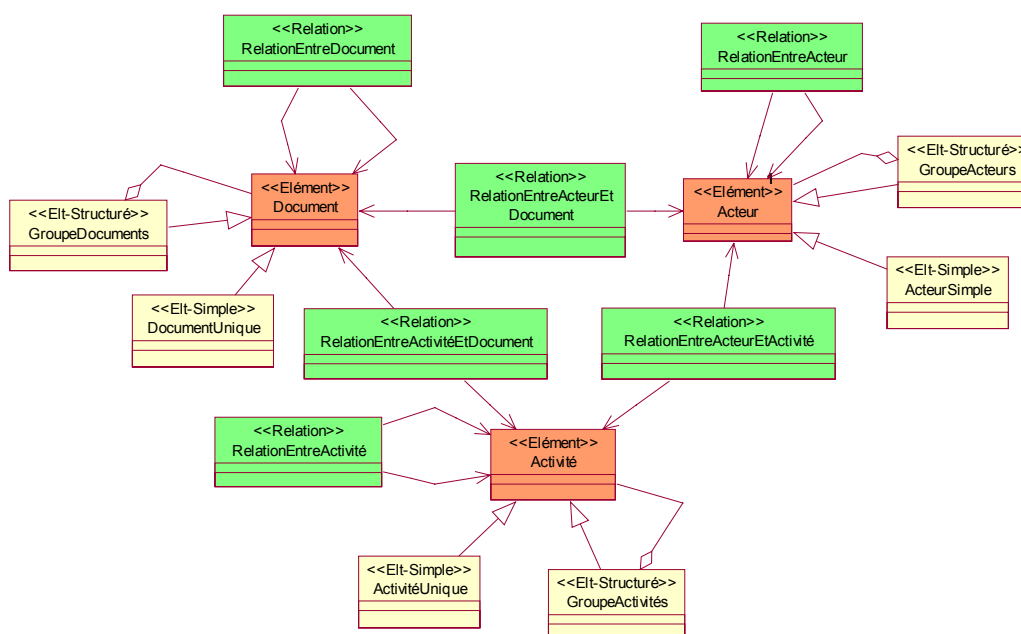


Figure 68 : Les concepts principaux du meta-modèle de coopération (extrait)

III.2.5 Le rôle : une relation Acteur-Activité

La relation Acteur-Activité représente le rôle d'un acteur dans une activité. Ce rôle prend deux formes : le rôle attribué lors de la planification du projet (régulation) et le rôle joué que l'on peut connaître pendant ou à la fin de l'activité.

Le rôle attribué à un acteur traduit son implication dans une activité (Dourish et al., 1999), cette activité pouvant être un projet, une phase d'un projet ou encore l'accomplissement d'une tâche. Ce

rôle dépend du statut de l'acteur dans le groupe (ses responsabilités) et de ses compétences. Le rôle peut être également perçu comme la capacité d'un acteur à réaliser des actions dans une activité (Streitz et al., 1992). Ces actions sont bien entendu liées aux opérations possibles sur les éléments composant le projet. Dans notre modèle, nous appelons ce rôle, «le rôle opérationnel» (cf. Figure 69). Par exemple, le rôle opérationnel d'un coordinateur est associé aux droits d'actions suivants : organiser une réunion (activité), assigner des tâches à d'autres acteurs (acteur), définir des objectifs et des dates limites (activité), ajouter ou enlever des acteurs (activité), définir les documents à produire (document).

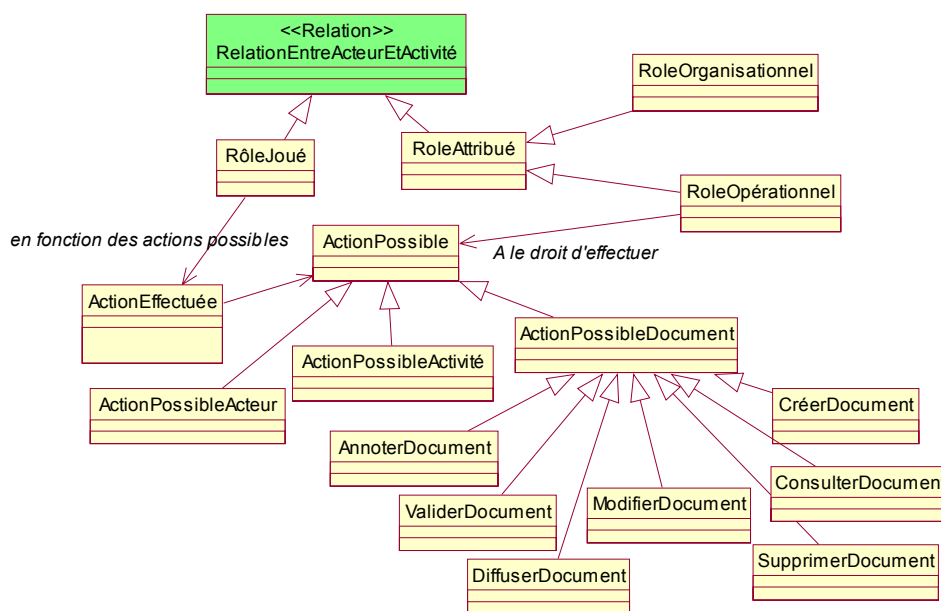


Figure 69 : Le rôle d'un acteur dans une activité (extrait du meta-modèle)

Un second rôle peut être attribué à un acteur, c'est celui qui est associé aux participants en tant qu'organisation. Ce rôle, que nous nommons «rôle organisationnel» permet de définir le cadre légal d'une coopération, celle présente dans les contrats (Maître d'œuvre, Maître d'ouvrage, Expert, organisme de contrôle, administration, ...).

Le rôle joué par un acteur dans une activité retrace l'ensemble des actions qu'il a effectuées relativement au rôle qui lui était attribué. Cette relation Acteur-Activité permet de répondre à la question «qui a fait quoi ?» et alimente l'histoire du projet.

III.3. Application au contexte de la conception architecturale

L'application du meta-modèle de coopération relationnel, de niveau M2, à la conception architecturale a été réalisée par une instanciation des différentes classes présentes dans le meta-modèle (Acteur, Activité, Document, Relation). Cette instanciation, de niveau M1, a été menée en suivant les consignes indiquées dans la loi MOP (cf. Chapitre 1). La loi MOP définit précisément la mission de maîtrise d'œuvre en fonction du type d'opérations (constructions neuves, rénovation/réhabilitation ...). Il en dérive cinq étapes distinctes et normalisées, chacune découpée en phases, qui décrivent l'avancée du projet : les études préalables, les études (Esquisse, Avant-Projet Sommaire (APS), Avant-Projet Définitif (APD), Projet), la passation des contrats de travaux, le chantier, la clôture de l'opération (Malcurat, 2001). Dans cette première modélisation, nous avons cherché à représenter l'étape des études où a été précisé l'ensemble des documents, acteurs et activités présents dans cette étape ainsi que les relations qu'ils entretiennent. La figure 70 illustre l'instanciation définissant les activités explicites d'un projet (projet, phase, tâche) et les rôles potentiels (Opérationnel et Organisationnel) qui peuvent être attribués à un acteur du projet.

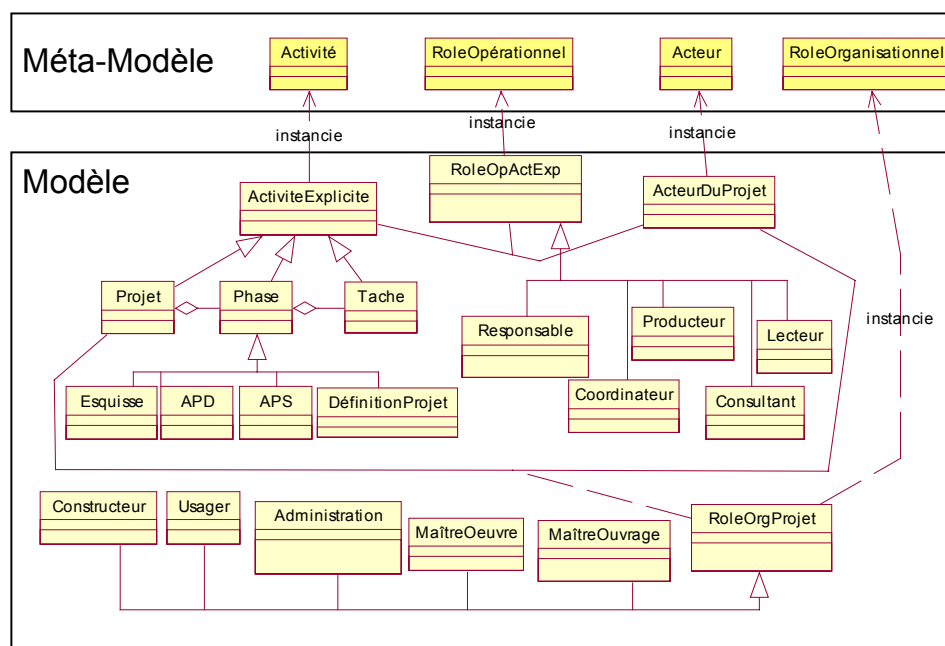


Figure 70 : Instanciation du meta-modèle de coopération dans le cadre de la conception architecturale (Loi Mop, extrait du modèle)

Le modèle de coopération adapté à la loi Mop a été réalisé par Damien Hanser et se trouve dans sa thèse [Hanser 2003]. C'est ce modèle qui a été utilisé pour la visualisation contextuelle d'un projet de coopération reposant sur une structuration hypermédia.

IV. Vers une visualisation contextuelle du projet coopératif

Les recherches menées dans le domaine de la visualisation d'informations (Herman et al., 2000), notre expérience sur la conception hypermédia et l'intégration de l'adaptativité dans les hypermédiass (Brusilowsky, 2001) nous ont permis d'identifier de nouvelles formes de représentation plus proches de nos préoccupations.

IV.1. L'hyperdocument «projet»

Comme nous l'avons vu dans le chapitre 3, la technologie des hypermédiass propose une structuration alternative et flexible de l'information. Cette flexibilité a déjà été exploitée dans le cadre d'une édition collaborative d'hypermédiass en utilisant des espaces partagés (Streitz et al., 1992). Nous pouvons citer également le projet CHIPS (Co-operative Hypermedia Integrated with Process Support) (Wang et al., 2000) qui utilise un hypermédia pour assister un groupe dans la régulation d'un workflow. La généralisation de l'Internet et sa structure «hypermédia» a étendu l'espace de collaboration à la fois du côté de la gestion collaborative de l'information (Ginsburg et al., 1999) et également du côté de la gestion de projets coopératifs (Indrusiak et al. 2001). Notre contribution se situe au niveau de la représentation d'un projet partagé par un groupe distribué. Notre hypothèse est que plus la représentation du projet est proche de l'organisation perçue par les membres de ce projet, plus cette vision du projet sera accessible aux utilisateurs.

L'organisation du projet et son évolution peuvent être visualisées sous la forme d'un hyperdocument décrit par un meta-modèle de graphe (cf. Figure 71) dans lequel chaque nœud est en correspondance avec une classe de notre meta-modèle (acteur, activité, document) et où les liens entre eux représentent les relations existant dans un projet (rôle, relation Acteur/Document, ...).

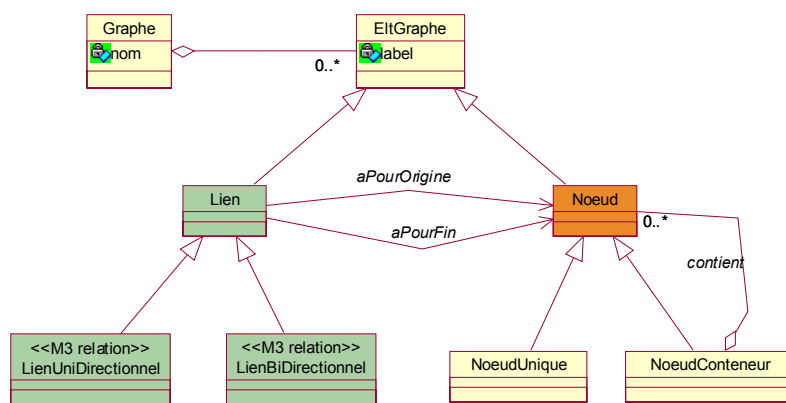


Figure 71 : Le meta-modèle de graphe utilisé pour la visualisation

L'utilisation, pour la définition des deux meta-modèles, de l'architecture de modélisation MOF et du même patron de conception a favorisé la mise en place d'échanges entre les niveaux MO de l'architecture (cf. Figure 72). Un projet de type loi Op instancié sera facilement «visualisable» par un outil de visualisation de graphe reposant sur les concepts du meta-modèle de graphe.

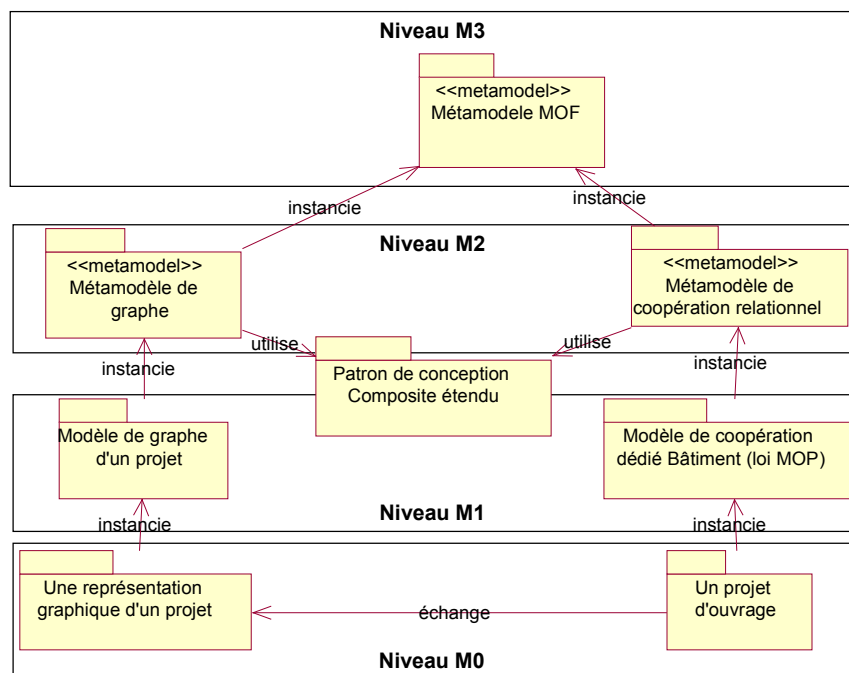


Figure 71 : Architecture MOF adoptée pour la visualisation contextuelle

L'instanciation du modèle de coopération (M1) dédié à la loi Mop produit un hyperdocument où les nœuds sont les acteurs, les activités, les documents et les liens qui représentent les relations existant entre ces éléments à un moment donné du projet. La structure de cet hyperdocument est d'une forte complexité. La figure 72 illustre cette complexité et présente le projet de la place Painlevé dans sa première phase d'études, l'esquisse (8 acteurs, 10 documents, 1 phase).



La manipulation de cet hyperdocument, qui représente le contexte de la coopération, nécessite l'emploi d'outil spécialisé de visualisation et de navigation dans un graphe.

La visualisation de cet hyperdocument est obtenue par un graphe représentant le réseau de l'organisation du projet en cours (cf. Figure 73).

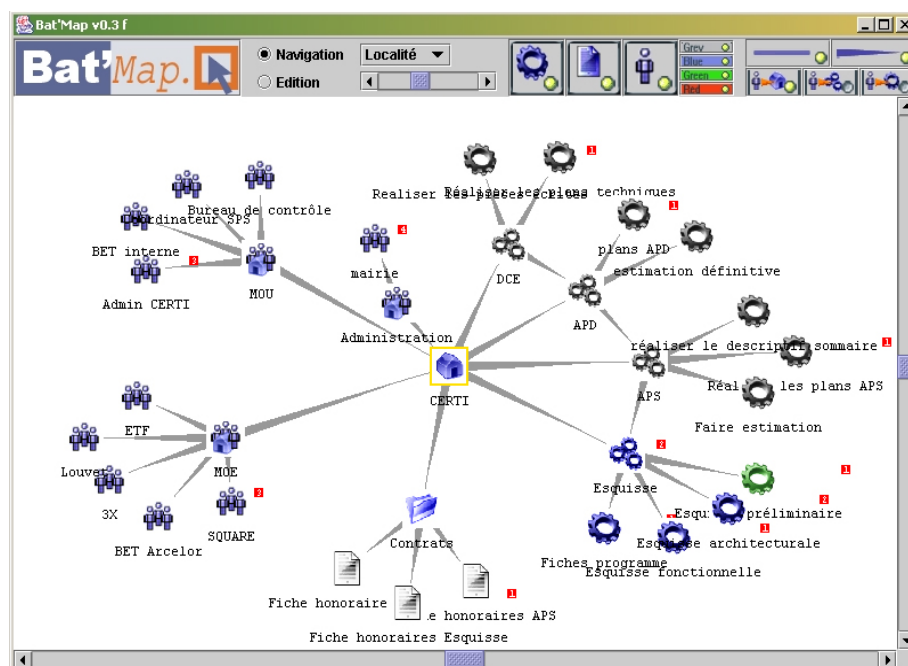


Figure 73 : Visualisation contextuelle du projet coopératif

Dans ce type de visualisation, la quantité d'informations et le nombre des différents éléments à représenter est prépondérant (Bertin, 1967). Pour ne pas heurter les utilisateurs, la complexité de ce réseau doit pouvoir être découverte graduellement. Afin de rendre plus explicite l'interface de navigation, les éléments sont représentés par des formes identifiables dont la coloration indique l'état (en attente, en cours, terminé pour une activité). La forme est également utilisée pour représenter le type d'un document (norme, plan, contrat), d'un acteur (groupe ou individu) ou d'une activité (projet, phase, tâche). La forme, la couleur et la longueur des liens permettent de donner des indications sur le type des relations représentées (rôle d'un acteur, référence entre deux documents ou enchaînement de tâches).

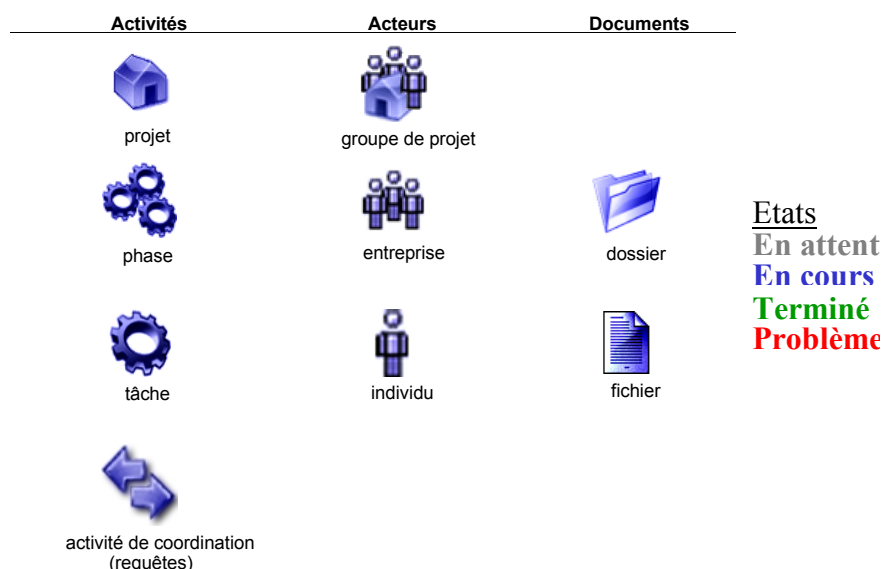


Figure 74 : Représentations graphiques des éléments du projet

IV.3. Navigation dans le projet

L'outil de navigation propose des fonctionnalités permettant aux utilisateurs de manipuler le graphe. Une navigation incrémentale par déploiement progressif ou par masquage sélectif de nœuds ou de liens est possible. Une navigation incrémentale suivant la structure hiérarchique de l'information est aussi utilisable par un déploiement ou un masquage des nœuds structurants (document/dossiers, Activité/Phases, Acteur/Organisation).

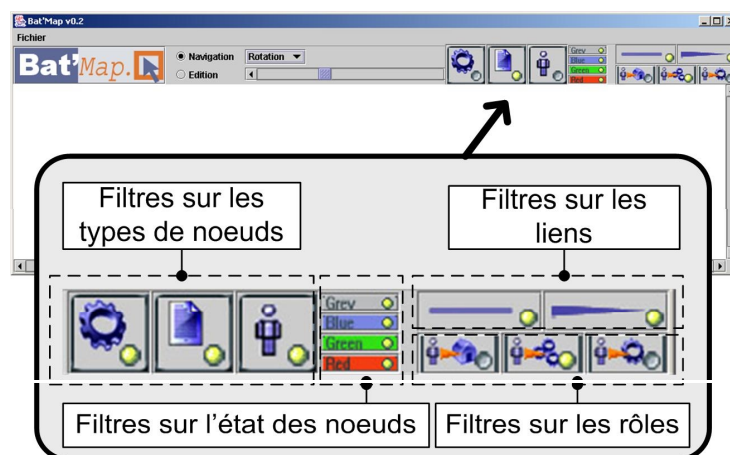


Figure 75 : Les filtres actuellement disponibles

L'utilisation de filtres (cf. Figure 75) permet de visualiser les informations les plus pertinentes dans le graphe relativement à un contexte donné. Ces filtres permettent à un utilisateur de choisir le ou les types d'information qu'il désire voir. Un exemple d'application de ces filtres peut être la visualisation des acteurs participant à un groupe d'activités, en omettant les documents produits afin d'alléger la représentation.

IV.4. Navigation adaptative

Le rôle joué par chaque acteur dans les activités d'un projet permet au système de définir le degré de précision de l'interface qui leur est proposé. Par exemple, le responsable d'un projet peut naviguer dans les versions d'un document alors qu'un simple participant ne voit que la dernière version d'un document. La vue adaptative permet à chaque utilisateur d'évaluer les tâches qui lui incombent dans le cadre d'un projet particulier ou dans le cadre de tous ses projets. Elle définit son potentiel d'actions (cf. Figure 76).

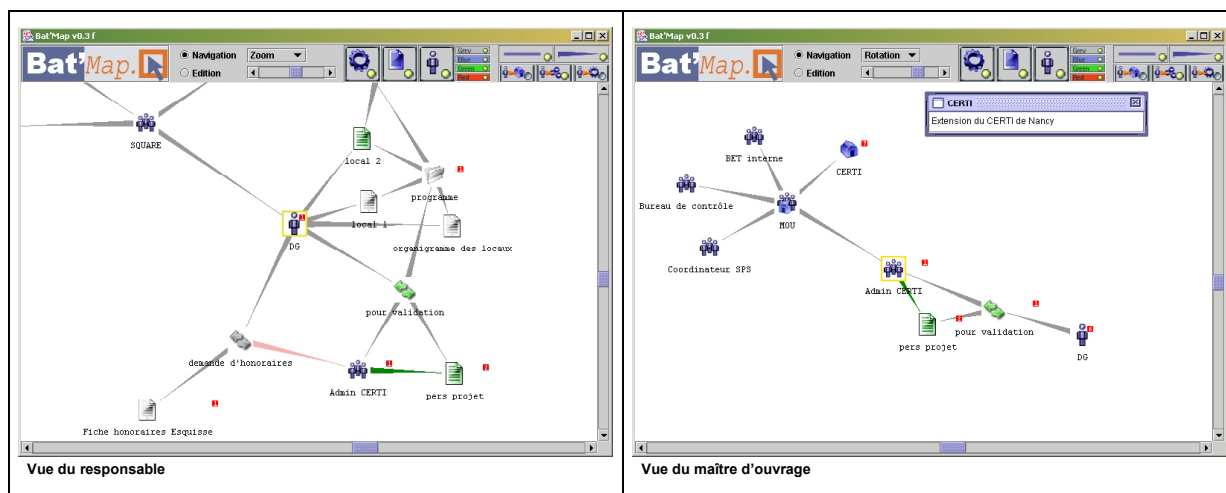


Figure 76 : Deux vues adaptatives d'un même projet destinées respectivement au «responsable» et au «maître d'ouvrage»

V. Applications et Expérimentations

La mise en œuvre de cette visualisation contextuelle a été effectuée dans la plate-forme coopérative «Bat'Group» qui a servi de support aux expérimentations.

V.1. La plate-forme Bat'Group

Afin de rendre la plate-forme Bat'Group utilisable par tous les acteurs potentiels d'un projet, nous avons choisi une architecture de type client/serveur à plusieurs niveaux. Cette architecture respecte le paradigme MVC de Smalltalk dans lequel la vue est supportée par une applet java (interface), le contrôle de la navigation est géré par l'hyperdocument, le modèle (instanciation du meta-modèle) valide les actions de l'utilisateur relativement aux règles métiers (domaine) et à son rôle dans le projet. La persistance des données est assurée par un SGBD (cf. Figure 77).

En ce qui concerne la visualisation contextuelle, seuls quelques outils proposent actuellement cette logique de visualisation : Thinkmap, TheBrain, Touchgraph. La visualisation présentée ici repose sur un outil expérimental basé sur l'applet TouchGraph Link Browser diffusée en open source. Cette applet permet trois modes de navigation dont une fonction de zoom sémantique permettant d'étendre plus ou moins le graphe à partir du nœud actif. Cette applet a été également utilisée dans des projets portant sur la gestion de connaissance (Tuncer et al., 2002). L'applet d'origine ne permettant pas de sélectionner les types des nœuds et les liens à visualiser dans un graphe, nous l'avons modifiée afin de permettre un filtrage des nœuds et des liens selon les besoins de l'utilisateur.

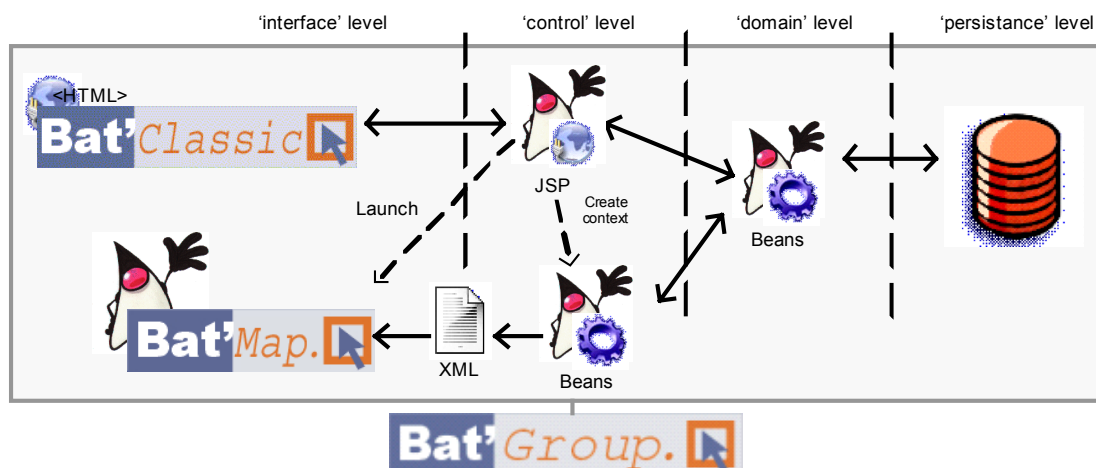


Figure 77 : Architecture logicielle de la plate-forme Bat'Group

Deux formes d'interfaces ont été réalisées pour l'accès à la plate-forme Bat'Group : Bat'Map qui met en œuvre la visualisation contextuelle et Bat'Classic qui propose une interface hiérarchique classique de visualisation des éléments du projet (cf. Figure 78).

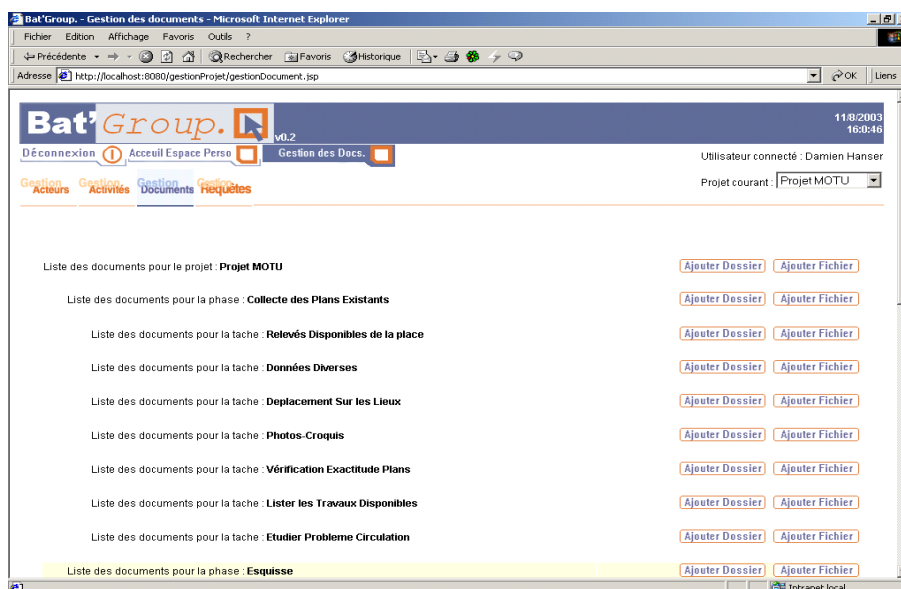


Figure 78 : Interface «Bat'Classic»

Ces deux formes d'interfaces utilisateur nous ont permis de réaliser des expériences comparatives sur l'utilisation de la plate-forme Bat'Group.

V.2. Expérimentations et Validations

Une première expérimentation, réalisée dans une agence d'Architecture, a démontré que le modèle de coopération, la visualisation contextuelle et son interactivité peuvent être utilisés pour manipuler et représenter un projet réel. Un projet, de taille réelle, a été saisi entièrement dans le prototype Bat'Group. Tous les acteurs, documents, activités et relations ont été identifiés et représentés dans l'outil. Puis, nous avons proposé aux architectes de l'agence d'utiliser la visualisation contextuelle

pour retrouver un certain nombre d'éléments du projet (Auteur d'un document, documents générés par une activité, etc ...). Après une courte période d'adaptation, l'ensemble des architectes était capable de réaliser les tâches proposées.

Le contexte économique tendu régnant dans le secteur du bâtiment rend difficile la mise en œuvre d'une expérimentation dans un contexte réel de coopération. C'est pour cette raison que nous avons mis en œuvre une validation à l'aide d'un scénario. Le scénario utilisé est celui qui a été écrit pour la vidéo réalisée dans le cadre du projet Cocoa en collaboration avec l'équipe ECOO et l'INRIA. Cette vidéo, mettant en scène des personnages de bandes dessinées, a eu pour fonction de montrer l'intérêt de l'utilisation d'un collecticiel, ici MOTU, (réf ? ?) dans le cadre d'un projet simulé (cf. Figure 79).

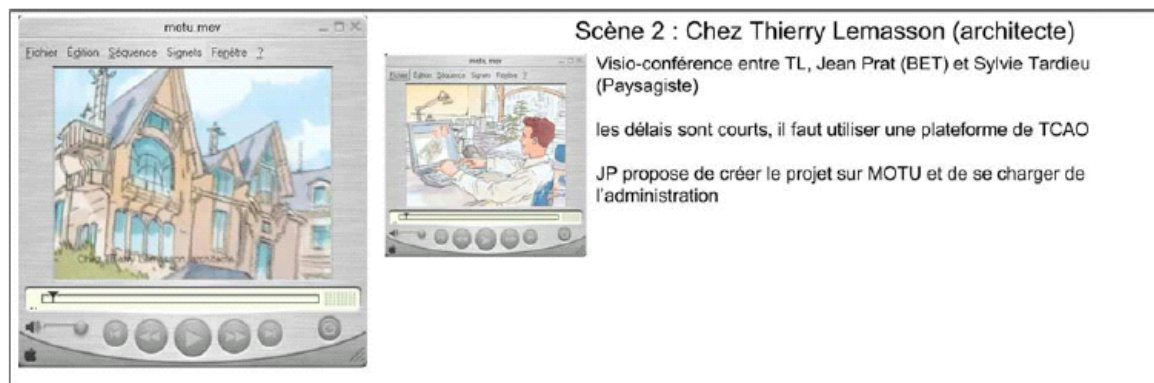


Figure 79 : Extrait de la vidéo «MOTU»

Ce scénario a été mis en œuvre par deux groupes d'étudiants. Le premier groupe a développé le scénario en utilisant l'interface Bat'Classic alors que le second utilisait l'interface Bat'Map. L'expérience, qui a été décrite dans [Hanser 2003] sous la forme de diagrammes de séquences illustrés (cf. Figure 80), a montré l'intérêt de la visualisation contextuelle dans le cadre d'un projet coopératif «simulé». En effet, les acteurs-étudiants utilisant l'interface graphique ont réalisé le scénario plus rapidement que ceux qui manipulaient l'interface traditionnelle. A chaque saisie d'une nouvelle interaction du scénario, les étudiants de Bat'Classic rencontraient quelques difficultés à déterminer l'endroit exact (le contexte) dans lequel placer la nouvelle information (acteur, tâche ou document). Par contre, les utilisateurs de Bat'Map ont été surpris par la facilité qu'elle offrait pour l'ajout d'une nouvelle information dans le projet : création d'un nœud et d'un lien dans le contexte approprié. Cette expérience met en évidence l'intérêt d'une vision contextuelle pour l'auto-coordination au sein d'un projet de complexité réduite. Elle ne permet cependant pas de déterminer si un utilisateur est capable, sur un projet de bonne taille, de manipuler ce type d'interface avec plus d'efficacité qu'une interface classique.

En amont de ces expérimentations, nous avons mené un travail de validation sur le modèle relationnel de coopération. Tout d'abord, nous avons voulu vérifier la correction de l'architecture de meta-modélisation proposée. Pour cela, nous avons utilisé un outil de meta-modélisation dédié au MOF, Ram3, qui a été développé par Xavier Le Pallec [Le Pallec 2002]. L'application Ram3 (Rapid Manipulation of Mof Metadata) permet la saisie des niveaux M2, M1 et M0 d'une architecture de modèles basée sur le MOF. La saisie opérée dans Ram3 a montré que nous étions capables de décrire les entités de notre meta-modèle avec un formalisme MOF, instancier ce meta-modèle pour obtenir un modèle décrivant un cadre de coopération orienté loi MOP et enfin, de générer un cadre réel de projet au niveau MO (cf. Figure 81).

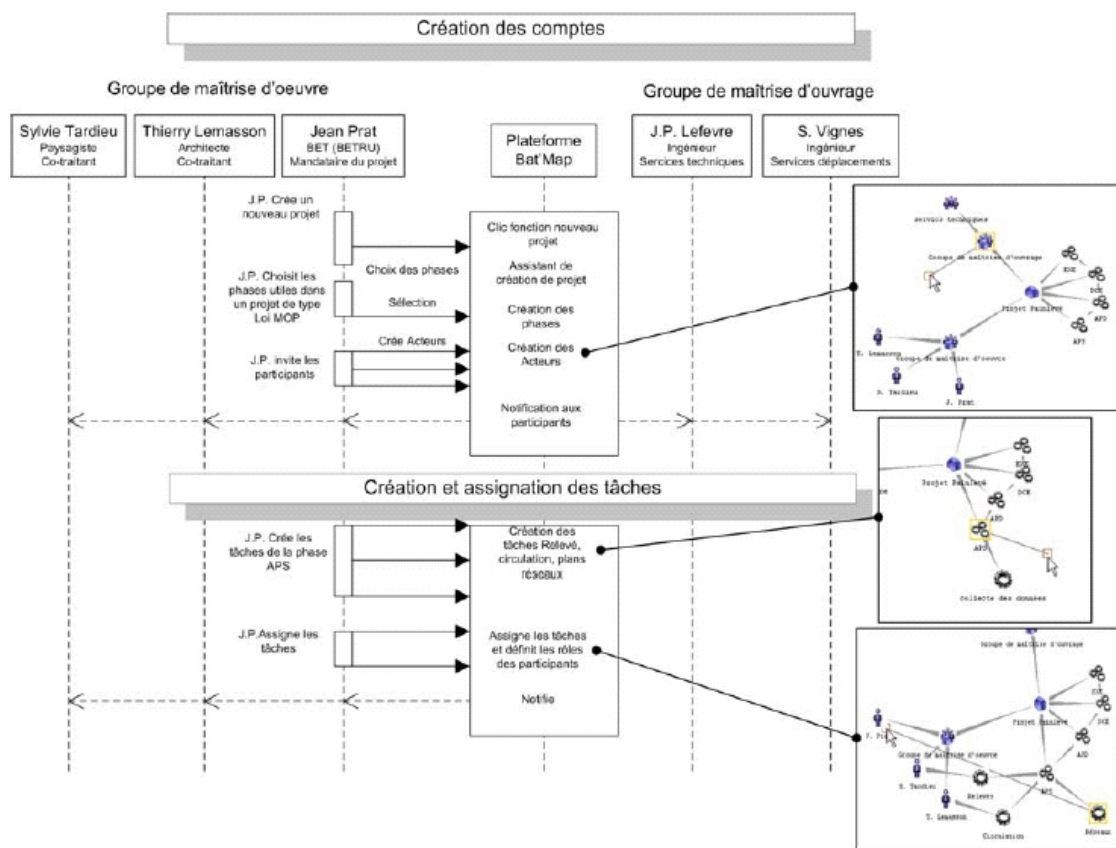


Figure 80 : Extrait du scénario et de sa mise en œuvre à l'aide de Bat'Map

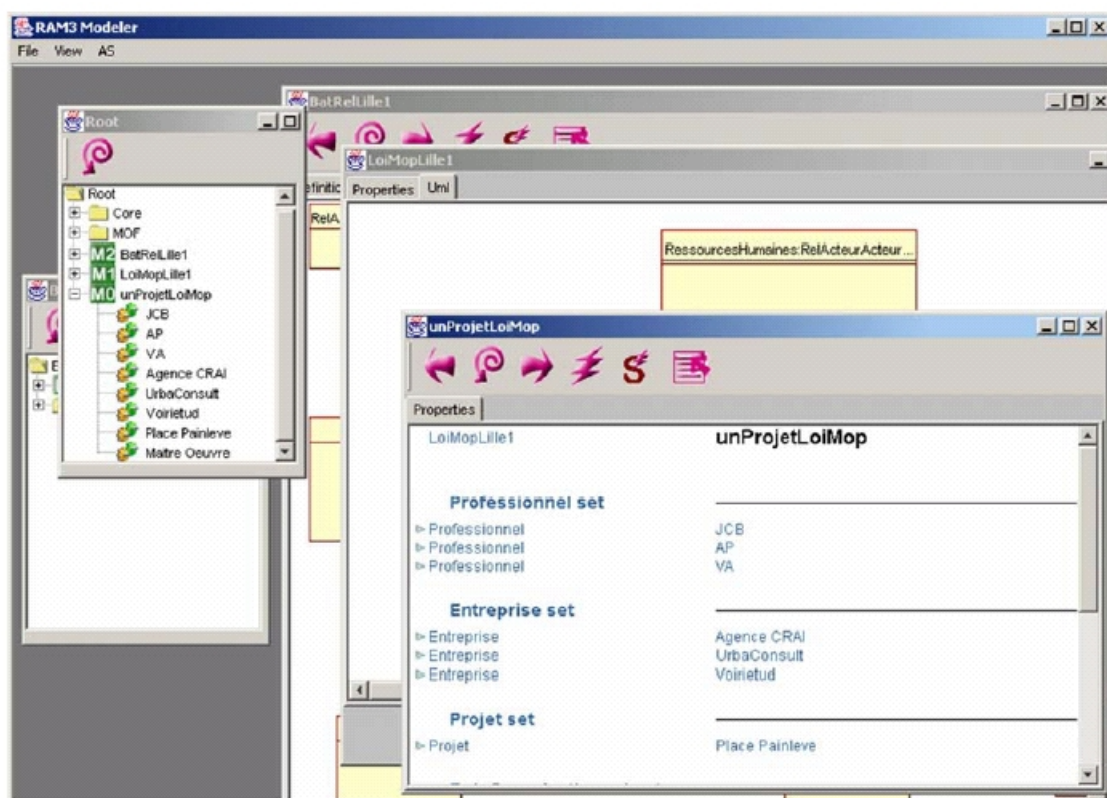


Figure 81 : Saisie des trois niveaux de modélisations (M2,M1,M0) dans Ram3

Cette dernière validation nous permet d'envisager une évolution cohérente du modèle relationnel de coopération proposé.

VI. Conclusion et Perspectives

La théorie de l'activité, et plus particulièrement, la théorie de l'action située, met en évidence l'importance du contexte dans le choix des actions d'un individu. Face à cette affirmation et au constat de la non-utilisation des collecticiels dans la tâche de conception collective en architecture, notre proposition s'est orientée vers une visualisation adaptée de la coordination.

Cette visualisation que nous avons qualifiée de «contextuelle» fait référence à deux thèmes déjà évoqués dans ce mémoire, à savoir, l'image et l'hypermédia. L'image est présente, car la visualisation que nous proposons a pour objectif d'offrir aux concepteurs une image instantanée du projet. L'appréhension rapide de cette image doit favoriser l'action et l'auto-coordination. L'hypermédia est ici essentiel pour s'affranchir de l'organisation hiérarchique préconisée dans tous les outils classiques de travail de groupe et qui, à notre avis, ne favorise pas l'appréhension du contexte.

Cette visualisation repose sur un modèle en trois couches respectant l'architecture de meta-modélisation MOF. Le meta-modèle décrit le contexte d'une conception coopérative par les entités présentes et les relations qu'elles entretiennent. L'intérêt de ce meta-modèle est qu'il peut engendrer différents modèles de coopération décrivant des contextes de coopération adaptés au cadre de la coopération concernée. Nous avons proposé dans ce chapitre une instanciation du meta-modèle dans le cadre de la loi MOP qui régit la conception publique de bâtiment.

L'utilisation de l'architecture MOF nous a permis d'imaginer un modèle général de coopération et un modèle général de visualisation de graphe. La spécialisation de chacun de ces deux modèles généraux (meta-modèles) rend plausible la visualisation contextuelle et les échanges entre les modèles instanciés.

Certes, il reste encore quelques expériences à mener pour faire évoluer cette visualisation et l'adapter au mieux aux différents acteurs du projet. Mais les dernières expériences menées et l'intéressement sollicité lors des différentes démonstrations que nous avons effectuées, nous encouragent à poursuivre cette recherche.

Une perspective à plus long terme est l'extension de ce meta-modèle, définissant la partie procédé, en intégrant la composante produits définie dans le standard IFC de l'IAI. L'objectif étant alors d'intégrer la définition du projet sous la forme d'une maquette 3D, la maquette numérique, dans le contexte de la coopération. Cette intégration passe par la définition d'une nouvelle entité dans le projet, «l'ouvrage» transformant ainsi le triangle relationnel de coopération en une pyramide.

Conclusion

Nous nous sommes attachés à présenter dans ce mémoire l'essentiel des activités de recherche que nous avons menées durant ces dernières années. L'assistance à la conception a été le fil directeur à l'ensemble des thèmes abordés.

I. Remarques préliminaires

La pluridisciplinarité des projets nous a permis d'élargir notre vision de la recherche en pénétrant de nouveaux espaces où l'outil informatique cherche sa place.

Le cadre institutionnel, scientifique, culturel et humain de notre composante de recherche, le CRAI, au sein de l'UMR CNRS-Culture MAP, a été pour nous très stimulant.

Les problématiques exposées ont toutes fait l'objet de publications dans des conférences internationales, revues ou workshops où les domaines de prédilections étaient riches et variés (CAAD⁴¹, ingénierie concourante, Interface homme-machine, hypermedia, systèmes d'information, aide à la décision). Cette confrontation constante à de nombreuses disciplines et métiers, nous a contraint à placer l'utilisateur, ici le concepteur, au centre de notre problématique générale de recherche et à proposer des solutions informatiques couvrant des besoins clairement identifiés.

Nous tenons à rappeler le caractère coopératif de ces travaux qui ont impliqué de nombreuses personnes : architectes, ingénieurs, chercheurs en informatique, doctorants, stagiaires de DEA, stagiaires informaticiens (Miagiste, DESS, CNAM). Chacun des acteurs a apporté une contribution différente, mais qui demeure essentielle au regard des résultats obtenus. Nos rôles dans cette activité de coopération ont été principalement ceux d'un encadrant, d'un coordinateur et d'un responsable de projet en collaboration forte avec Jean-Claude Bignon, Professeur à l'Ecole d'Architecture de Nancy.

Avant d'énoncer les perspectives que nous envisageons, faisons tout d'abord un inventaire des éléments de réflexions apportés par ces différents projets.

II. Eléments de réflexions

Chacun des thèmes abordés nous a permis de soulever un ensemble de réflexions alimentant le contexte actuel de plusieurs thèmes de recherche en informatique.

La modélisation d'objets complexes, et plus particulièrement des objets en cours de conception, a montré l'incapacité des modèles objets à décrire les phases d'évolution d'un objet. Les solutions que nous avons énoncées ne représentent qu'une première étape vers l'intégration des modèles statiques et dynamiques décrivant la structure d'un objet et son évolution potentielle. Il est sans aucun doute pertinent d'étudier quel pourrait être l'apport d'une meta-modélisation dans ce contexte en offrant la possibilité au concepteur d'agir sur le modèle qu'il instancie lors de sa conception. En ce qui concerne les objets de bâtiment, c'est avec la norme IFC qu'il faut poursuivre ses travaux. Nos questionnements prennent alors la forme suivante : comment étendre le modèle IFC de telle sorte qu'il prenne en compte l'évolution des objets au sein d'un projet, l'évolution des technologies ou encore le contexte de la maquette numérique ?

L'outil hypermédia occupe une place importante dans la quête d'informations qu'effectue tout concepteur. L'expansion des applications Web fournissant de l'informations renforce ce caractère

⁴¹ Computer Aided Architectural Design

prédominant. La conception de cette famille particulière d'applications, où l'évolution des formes de médias disponibles est constante et où les fournisseurs d'informations sont souvent les concepteurs de l'outil, réclame des méthodes adaptées favorisant l'échange entre les acteurs du projet. La méthode que nous proposons joue en partie ce rôle sans couvrir le processus de réalisation sous la forme d'une application Web à laquelle elle se destine. Les questions que nous nous posons sont les suivantes : quel est le processus le mieux adapté à cette forme de conception ? Comment masquer la complexité des applications Web au concepteur de l'hypermédia ?

L'utilisation de l'image comme support à la recherche d'informations prend toute son ampleur dans une activité de conception et plus efficacement encore lorsque le domaine de la conception est caractérisé par une représentation imagière forte. La compréhension du besoin par le système nécessite d'utiliser de bonnes images associées à une indexation sémantique pertinente et un processus de formulation progressive reposant sur l'image. Les applications réalisées concrétisent et valident l'approche proposée dans notre thèse. Elles ont permis de faire évoluer l'approche en caractérisant et particularisant les domaines d'applications et la manière de les aborder : choix des bonnes images, définition du langage d'indexation, structure des indexations. Cette réflexion sur l'image nous a permis d'entrevoir une nouvelle forme d'utilisation de celle-ci dans le cadre de la veille technologique. Les images provenant du web deviennent alors une source intarissable et son exploitation permet d'approvisionner les bases utilisées pour la recherche d'informations. Les techniques mises en œuvre dans cette extraction utilisent essentiellement le contexte de l'image (le texte) et proposent une indexation sémantique. Il manque cependant à ces études la prise en compte des propriétés graphiques de l'image : quand et comment intégrer l'analyse des propriétés graphiques de l'image dans le processus d'extraction et dans le processus de recherche ?

La coopération en conception définit un contexte particulier d'échanges et d'interactions. La théorie de l'activité et celle de l'action située nous ont orientées vers une meilleure représentation de ce contexte. Là encore les techniques de meta-modélisation nous ont permis de décrire un contexte général de coopération en conception et de l'instancier dans le domaine architectural. La visualisation graphique que nous proposons pour présenter ce contexte au concepteur s'appuie, elle aussi, sur un modèle instancié de graphe navigable. Ces dernières propositions, quoique reposant sur des principes d'interopérabilité solides, ne sont que les prémices d'un travail sur la représentation et la visualisation du contexte de coopération. Elles n'ont apporté que quelques éléments de réponses aux questions suivantes : quelles sont les informations pertinentes pour un acteur donné à un moment donné ? Quelles sont les actions qui peuvent être effectuées sur ces informations ? Comment la visualisation du contexte peut s'adapter à l'utilisateur ? L'expérimentation et la coopération avec les acteurs réels de cette forme de coopération sont essentielles pour proposer et valider des réponses complémentaires à ces questions.

Afin d'apporter des éléments de réponse à ces réflexions, nous envisageons quelques perspectives à court et long terme.

III. Perspectives envisagées

Ces perspectives, nous les programmons pour les années à venir autour de deux axes principaux : l'assistance à la recherche d'informations dans le processus de conception et l'assistance à la conception coopérative.

III.1. L'assistance à la recherche d'informations dans le processus de conception

Les perspectives proposées dans cet axe portent sur la conception d'hypermédia, la recherche par l'image et l'extraction d'images.

La méthode de conception d'hypermédia que nous proposons est destinée à un public non forcément informaticien. Son évolution, notamment pour la proposition d'outils adaptés, doit être orientée vers la prise en compte des nouvelles technologies du web, mais aussi par l'intégration des

concepts des langages de modélisation actuels basés sur UML. Ainsi, nous étudions actuellement l'évolution des méthodes de conception d'hypermédia destinée aux applications Web et utilisant une modélisation UML dans le but d'en choisir une que nous utiliserons à des fins pédagogiques pour la modélisation d'applications web. Le bilan de cette expérience nous permettra de proposer une évolution de notre méthode sous la forme d'un méta-modèle et d'un processus que nous implémenterons dans un outil orienté conception de logiciels intégrant les techniques de méta-modélisation. Ce futur outil sera destiné aux fournisseurs et producteurs d'informations souhaitant diffuser leur capital informationnel tout en le faisant évoluer.

En ce qui concerne la recherche par l'image, il s'agit d'étudier comment intégrer les caractères graphiques d'une image dans le processus de recherche d'informations. Cette intégration devra être à échelle variable suivant le domaine couvert par les images et la taille de la base d'images. Nous comptons mener cette étude par domaine couvert et en mettant en coopération deux expertises. La première expertise s'intéressera à l'image et à l'implication des éléments visuels dans le processus cognitif mis en œuvre dans une recherche d'informations par l'image. La deuxième, quant à elle, fera l'inventaire des critères graphiques, potentiellement extractibles des images du domaine et déterminera la forme à donner à ces critères. Il s'agira alors de mettre en relation les éléments visuels pertinents et leur caractérisation dans l'image par les critères graphiques et de proposer une méthode d'indexation de l'image réalisant cette correspondance. Les résultats de cette étude, à l'intersection de plusieurs disciplines, devront s'insérer dans notre approche globale de recherche par l'image reposant sur une approche sémantique. Ils permettront de faire évoluer le moteur générique de recherche d'informations par l'image qui est en cours de conception actuellement. Ce moteur aura la capacité de s'appliquer à tous les domaines couverts par une base d'images et utilisant un vocabulaire structuré pour décrire les informations recherchées.

Les évolutions à apporter à l'outil et à la méthode d'extraction d'images à partir du web sont nombreuses. La prise en compte du caractère graphique de l'image parmi les critères d'extraction en est une. L'étude de cette prise en compte est à rapprocher de celle cherchant à intégrer les critères graphiques dans le processus de recherche, afin que les résultats de l'extraction soient utilisables lors de la recherche par l'image. Une seconde évolution concerne la détermination d'une stratégie de parcours réguliers des sites couvrant un domaine particulier pour rendre la veille technologique par l'image complètement opérationnelle. Enfin, l'évolution des technologies du web orientées service et sémantique, nous permet d'envisager la réalisation d'un service web dédié à la veille technologique par l'image que nous souhaitons mettre en œuvre dans le cadre du bâtiment en mettant en collaboration des étudiants du DESS SID⁴² et des architectes, futurs utilisateurs du service.

III.2 L'assistance à la conception coopérative

L'intégration de l'objet de conception, de sa représentation géométrique, de sa définition technologique et de son évolution dans la conception coopérative et dans les outils informatiques dédiés constitue l'enjeu majeur de ces prochaines années. Les outils utilisés pour la représentation et la définition technologique reposent essentiellement sur des modèles géométriques proposant des représentations tridimensionnelles de l'objet à concevoir. La prise en compte de ces types de représentations dans la coopération nécessite de considérer un nouveau contexte de coopération orienté autour de la «maquette numérique». Cette nouvelle problématique constitue une des perspectives du projet CoCao. Il s'agit d'étudier comment étendre le modèle de coopération relationnel pour qu'il prenne en compte la maquette numérique et de définir quels sont la place et le rôle de la maquette numérique dans le contexte d'une conception coopérative. Cette réflexion nécessite une étude approfondie de la structure des IFC afin de proposer une solution interopérable avec les outils existants.

⁴² Systèmes d'Informations Distribués : DESS dans lequel nous enseignons la conception de systèmes d'informations distribués.

Nous avons montré que la visualisation et l'assimilation du contexte dans une coopération coopérative sont essentielles, puisque c'est de celles-ci que va dépendre, en partie, le déclenchement des actions des différents acteurs. La seconde perspective que nous proposons concerne cette étude. Il s'agit ici de proposer un outil graphique générique dédié à la visualisation et à la manipulation de contextes de coopération qui favorise et stimule l'activité au sein du groupe. L'outil devra être générique et interopérable pour pouvoir représenter de nombreux contextes de coopération et pour interagir avec les outils coopératifs gérant la coopération. Cette étude portera sur la définition par meta-modélisation d'un contexte de coopération étendue intégrant la définition des outils de la coopération, ainsi que la description des actions potentielles de chacun des acteurs. La réalisation de l'outil nécessitera l'utilisation des nouvelles technologies du web telles que les services web et XML. La mise en place d'une expérimentation sera essentielle à la validation de l'approche.

IV. Cadre de modélisation

L'approche par meta-modélisation, que nous avons évoquée dès la description du modèle EMIR, prend toute son importance dans la définition de nouveaux modèles et leur intégration dans des systèmes interopérables avec notamment l'architecture MOF proposé par l'OMC. C'est dans ce cadre de modélisation que nous souhaitons nous positionner pour la proposition de nouveaux modèles (coordination, visualisation, hypermédia, recherche d'information). Cette approche de modélisation nous permet de faire évoluer ces modèles tout en favorisant les échanges dans le cadre d'intégration d'applications, toujours de plus en plus variés. Face au manque d'outils permettant la manipulation de ce cadre de modélisation, la gestion de cette évolution demeure essentiellement manuelle. L'évolution des outils de conception de logiciels vers la prise en compte des techniques de meta-modélisation conditionnera certainement la progression de nos recherches.

Enfin, nous pensons que ce cadre de modélisation est un bon support à la définition d'un ensemble de services dédiés à l'assistance à la conception. L'infrastructure des services web permet d'envisager l'intégration de ces services dans les outils d'assistance à la conception. Le contexte de la conception architecturale fournit certainement un cadre idéal à ces applications.

Références

- ACM (1995). "Designing Hypermedia applications." *Communications of ACM*. vol 38 (8).
- Al Hassan, F., H. Trum and P. Rutten (2002). *Strategic Briefing. A Conceptual Process Model for Building Design*. In proceedings of DDSS'O2, 6th Design Decision Support System Conference, Ellecom, Netherlands, pp: 168-185.
- Alexander, C. (1971). *De la synthèse à la forme*. Paris, Editions Dunod.
- Alexander, C., S. Ishikawa, M. Silverstein, M. Jacobson, I. Fishdal-King and A. Shlomo (1977). *A Pattern Language*. New York, Oxford University Press.
- Anzieu, D. and J. Y. Martin (1994). *La dynamique des groupes restreints*, Presses Universitaires de France.
- Armand, J. and Y. Raffestin (1997). *140 séquences pour mener une opération de construction*. Paris, Le moniteur.
- Aslandogan, Y. A. and T. Y. Clement (1999). "Techniques and Systems for Image and video retrieval." *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*. vol 11 (1), pp: 56-63.
- Balpe, J. P., A. Lelu, F. Papy and A. Saleh (1996). *Techniques avancées pour l'hypertexte*. Paris, Hermes.
- Barna, P., F. Frasincar, G. J. Houben and R. Vdovjak (2003). *Methodologies for Web Information System Design*. In proceedings of IEEE ITCC2003: 4th International Conference on Information Technology, Las Vegas, Nevada, USA., IEEE Computer Society.
- Belkhatir, M. (2003). *EMIR3 : Intégration d'un formalisme de description du signal au sein d'un modèle symbolique de recherche d'images*. In proceedings of INFORSID'2003, Nancy, France, pp: 105-120.
- Bentley, R., T. Horstmann and J. T. Trevor (1995). *the world wide web as enabling technology for CSCW : The case of BSCW*. In proceedings of 4th international World Wide Web Conference, Boston, O'Reilly & Associates, pp: 63-74.
- Bignon, J. C., D. Léonard, J. Sédille and G. Halin (1992). *Modélisation des transferts d'informations techniques en C.A.O.* Rapport de recherche du CRAI. Nancy, Plan Construction et Architecture.
- Bignon, J. C. and G. Halin (1995). *Construction d'Hypermedia "Ouverts". Application à la Documentation Technique des produits du bâtiment*. In proceedings of Hypertextes et Hypermédiass : réalisations, outils, méthodes, Paris, pp: 251-261.
- Bignon, J. C., G. Halin, W. Nakapan and M. Wagner (2001). *Extraction et indexation d'images appliquées au domaine de la conception architecturale et technique*. In proceedings of Hypertextes et Hypermédiass : nouvelles écritures, nouveaux langages, H2PTM'01, Valenciennes, pp: 403-416.
- Bignon, J. C. (2002). *Modélisation, Simulation et Assistance à la conception-construction en Architecture*. Habilitation à diriger des recherches, Université de l'INPL, Nancy.
- Björk, B.-C. (1989). "Basic structure of a proposed building product model." *Computer Aided Design*, Éditions Elsevier Sciences. vol 21 (2), pp: 71-78.
- Blanchet, A. and A. Trognon (1994). *la psychologie des groupes*. Paris, Nathan.
- Bonnardel, N. and M. Rech (1997). *Les objets, sources d'inspiration dans les activités de conception*. In proceedings of les objets en conception, 01Design'97, pp: 57-71.
- Booch, G. (1994). *Analyse & Conception orientées objets*, Editions Addison-Wesley France.
- Borillo, M. and J.-P. Goulette (2002). *Cognition et création. Explorations cognitives des processus de conception*, Edition Mardaga.
- Boudon, P., P. Dehayes, F. Pousin and F. Schatz (1994). *Enseigner la conception architecturale*, Les Editions de la Villette.
- Bourguin, G. (2000). *Un support informatique à l'activité coopérative fondé sur la théorie de l'Activité : le projet DARE*. Doctorat, Université de technologie de Lille.
- Bush, V. (1945). "As we may think." *Atlantic Monthly*. vol 176, pp: 101-108.
- Ceri, S., P. Fraternali and A. Bongio (2000). *Web Modeling Language (WebML) : a modeling language for designing Web sites*. In proceedings of 9th International Worl Wide Web Conference (WWW9), Amsterdam, Netherlands.

- Chen, P. (1976). "The Entity-Relationship Model. Toward a Unified View of Data." *ACM Transactions on Database Systems*. vol 1 (1).
- Chupin, J. P. (2002). " La Mariée mise à nu ... " (à propos de l'enseignabilité des modèles de la conception). In *Cognition et création. Explorations cognitives des processus de conception*. E. Mardaga, Ouvrage Collectif. pp: 65-96.
- Cole, M. and S. Scribner (1978). Introduction in L.S. Vygotsky. In *Mind in society : the development of higher psychological processes*. M. Cole, V. J. Steiner, S. Scribner and E. Souberman, Cambridge, Harvard University Press: pp: 1-14.
- Conallen, J., Ed. (2000). *Concevoir des applications Web avec UML*. Paris, Editions Eyrolles.
- Conan, M. (1990). *Concevoir un projet d'architecture*, Edition L'Harmattan.
- Couix, N. (1995). La conception de projets d'aménagement de l'espace : l'exemple de la prévention de forêts. In *Concevoir, Inventer, Créer* Ouvrage collectif. Edition L'Harmattan.
- Créange, M., J. M. David, O. Foucaut and B. Heully (1985). *Le point sur EXPRIM (Syst?me Expert pour la recherche d'IMages)*. Rapport interne. Nancy, CRIN.
- Cross, N. (2002). Comprendre la pensée du concepteur. In *Cognition et création. Explorations cognitives des processus de conception*. E. Mardaga, Ouvrage Collectif. pp: 36-47.
- Darses, F. and P. Falzon (1996). La conception collective : une approche de l'ergonomie cognitive. In *Coopération et Conception* Ouvrage collectif. Edition Octares: pp: 123-135.
- David, B. (2001). IHM pour les collecticiels. In *réseaux et systèmes répartis* Paris, Hermès: pp: 169-206.
- De Rosnay, J. (1975). *Le macroscope, vers une vision globale*, Du seuil.
- de Tersac, G. and B. Maggi (1996). Autonomie et conception. In *Coopération et Conception*. E. Octares, Ouvrage collectif. pp: 243-266.
- De Troyer, O. M. F. and L. C.J. (1998). *WSDM : a User-Centered Design Method for Web Sites*. In proceedings of 7th International World Wide Web Conference (WWW 7), Brisbane, Australie.
- Del Bimbo, A. (1999). *Visual Information Retrieval*. San Francisco, USA, Morgan Kaufmann.
- Denis, M. and , In (Eds.), , . (1982). On figurative components of mental représentations. In *Cognitive research in psychology*. J. H. F. Klix, & E. van der Meer (Editors), Amsterdam.
- Dourish, P. and V. Bellotti (1992). *Awareness and Coordination in Shared Workspaces*. In proceedings of CSCW (Computer Supported Cooperative Work), Toronto, Ontario, Canada, pp: 107-114.
- Dourish, P., K. Edwards, A. LaMarca and M. Salisbury (1999). "Presto: An Experimental Architecture for Fluid Interactive Document Spaces." *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*. vol 2 (6), pp: 133-161.
- Duffing, G. (1999). *Approche thématico-visuelle pour l'organisation et l'interrogation interactive d'une collection d'images hétérogènes*. Doctorat de l'université de Nancy2.
- Ellis, C. and J. Wainer (1994). *A conceptual model of groupware*. In proceedings of CSCW'94, Chapel Hill, NC, pp: 79-88.
- Engeström, Y. (1990). *Learning by expanding*. Helsinki, Orienta-konsultit.
- Ernst, J. (1997). *Introduction to CDIF*. Integrated Systems, Inc.
- Farel, A. (1995). Conception d'un bâtiment : l'organisation d'un travail collectif. In *Concevoir, Inventer, Créer*. E. L'Harmattan, Ouvrage collectif. pp: 51-63.
- Fernandez, P. (2002). Approches méthodologiques et modes opératoires dans le processus de conception architecturale. In *Cognition et création. Explorations cognitives des processus de conception* ouvrage collectif. Edition Mardaga.
- Ferrari, C. and C. Martel (2000). *Regulation in Groupware : the Example of a Collaborative Drawing Tool for Young Children*. In proceedings of 6th International Workshop on Groupware (CRIGWG 2000), Madeira, Portugal, pp: 119-127.
- Fleuret, F. and N. Boujemaa (2000). *Apprentissage hiérarchique pour la détection de visages*. In proceedings of RFIA 2000, pp: 349-357.
- Gamma, R., R. Helm, Johnson and J. Vlissides (1994). *Design Patterns: Abstractions and Reuse of Object-Oriented Software*, Addison-Wesley, Reading.
- Gardner, H., Ed. (1992). *Multiple Intelligence: The Theory in Practice*. New York, Basic Books.
- Garzotto, F. and P. Paolini (1933). "HDM - A Model-Based Approach to Hypertext Application Design." *ACM Transactions on Informations Systems*. vol 11 (1), pp: 1-26.

- Gevers, T. and A. Smeulders (1999). *The PicToSeek WWW image search system*. In proceedings of International Conference on Multimedia Computing and Systems, Florence, Italy, pp: 264-269.
- Godart, C., G. Halin, J. C. Bignon, C. Bouthier, O. Malcurat and P. Molli (2001). *Implicit or Explicit Coordination of Virtual Teams in Building Design*. In proceedings of CAADRIA 2001 (Computer-Aided Architectural Design Research in Asia), Sydney, Australia, pp: 429-434.
- Goldberg, A. and D. Robson, Eds. (1983). *Smalltalk 80 ; the language and its implementation*. Massachussets, Addison-Wesley reading.
- Gosselin, M., R. Loisel and R. Gréboval-Barry, in, . (1998). *Un objet médiateur en conception architecturale : le cahier créationnel*. In proceedings of Les Objets en Conception, EUROPIA., Paris, pp: 33-43.
- Gregory, N., E. Blanco, C. Brassac and O. Garro (1997). *Analyse de la distribution en conception par la dynamique des objets intermédiaires*. In proceedings of les objets en conception, 01Design'97, pp: 135-154.
- Grosjean, S. and C. Brassac (1998). *L'émergence de l'objet : de l'objet cognitif à l'objet social*. In proceedings of Les Objets en Conception, EUROPIA, Paris, pp: 101-117.
- Halasz, F. and M. Schwartz (1994). "The Dexter hypertext reference model." *Communications of ACM*. vol 37 (2), pp: 30-39.
- Halin, G. (1989). *Apprentissage pour la recherche interactive et progressive d'images : processus EXPRIM et prototype RIVAGE*. Doctorat, Université de Nancy I, Nancy, 400 pages.
- Halin, G., M. Créhange and P. Kerekes (1990). *Machine learning and vectorial matching for an image retrieval model*. In proceedings of SIGIR '90. 13th International Conference on research and development in Information Retrieval., Bruxelles, Belgique.
- Halin, G. and N. Mouaddib (1992). *An Object Oriented Approach to design a content-based image retrieval model*. In proceedings of SPIE Congress.
- Halin, G., J.-C. Bignon and D. Léonard (1994). *Contributions of a Complex Object Retrieval Model to a Dynamical Architectural Design Process*. In proceedings of 2nd International Conference on Design and Decision Support Systems, Vaals, Pays Bas.
- Halin, G. (1995). *Un Modèle d'Objets Complexes pour l'Aide à la Conception Technique Architecturale*. In proceedings of Third International Conference ilce'95 on "Concurrent Engineering & Technical Information Processing, Paris, pp: 105-112.
- Halin, G., J.-C. Bignon and D. Léonard (1995). *Complex Object Management System and Technical Architectural Design Process*. In proceedings of 4th International Conference on Computers in Urban Planning and Urban Management, Melbourne, Australie.
- Halin, G., J. C. Bignon and P. Humbert (1997). *Hypermedia Structuring of the technical documentation for the architectural aided design*. In proceedings of CAAD Futures 97, Munich, Allemagne.
- Halin, G., J. C. Bignon and P. Humbert (1997). "Modélisation d'Hypermedia de Catalogue : Application au catalogage des produits du bâtiment." *Hypertextes et Hypermedias, Edition Hermes*. vol 1 (2-4), pp: 191-209.
- Halin, G., J. C. Bignon and P. Humbert (1997). *Structuring the Architectural Technical Documentation with an Hypermedia Model*. In proceedings of The 7th International Conference in Civil and Building Engineering (ICCCBE-VII), Séoul, Corée.
- Halin, G., J. C. Bignon and P. Humbert (1999). *Designing Hypermedia : An Experience in Multimedia Catalogue of Building Products*. In proceedings of ACM Hypertext'99 Workshop on Hypermedia Development, Design Pattern in Hypermedia, Darmstadt, Germany.
- Halin, G., J. C. Bignon, C. Scaletsky, W. Nakapan and S. Kacher (2003). *Three approaches of the use of image to assist architectural design*. In proceedings of CAADRIA 2003 (Computer Aided Architectural Design Research In Asia), Bangkok, Thaïlande.
- Hallab, M. and A. Lelu (1999). *Proxilex : un outil d'approximation orthographe à partir des fréquences des n-grammes*. In proceedings of Hypertextes et Hypermédiass et Internet, 5ième conférence internationale H2PTM'99, Paris, pp: 201-209.
- Hanser, D. (2003). *Proposition d'un modèle d'auto-coordination en situation de conception, application au domaine du bâtiment*. Doctorat, Institut National Polytechnique de Lorraine, Nancy, 206 pages.

- Hull, R. (1989). "Four Views of Complex Objects: A Sophisticate's Introduction." *Lecture Notes in Computer Science*. vol 361.
- Humbert, P. (1996). *Domitec : Développement d'un hypermédia générique pour la réalisation de catalogues de produits du bâtiment*. Rapport interne. Nancy, MAP-CRAI, Ecole d'Architecture.
- IAI (1996). *End User Guide to Industry Foundation Classes. Enabling interoperability to the EAC/FM industry*. International Alliance for Interoperability.
- Isakowitz, T., E. A. Stohr and P. Balasubramanian (1995). "A methodology for the design of structured hypermedia applications." *Communications of ACM*. vol 38 (8), pp: 34-44.
- ISO (1993). *Classification of information in the construction industry*. Technical, Plan Construction et Architecture.
- Isselé, N. (1995). *Environnement de conception et de recherche d'information dédié au modèle EMIR*. Mémoire d'Ingénieur. Nanc, CNAM.
- Jacobson, I., G. Booch and J. Rumbauch (1999). *Le processus unifié de développement de logiciel*. Paris, Editions Eyrolles.
- Jeantet, A., H. Tiger, D. Vinck and S. Tichkiewitch (1996). La coordination par les objets dans les équipes intégrées de conception de produit. In *Coopération et Conception*, Edition Octares: pp: 90-100.
- Johansen, R. (1988). *Groupware: Computer Support for Business Teams*. New York, The Free Press.
- Kacher, S., G. Halin, J. C. Bignon and G. Duffing (2002). *A content-based image retrieval tool dedicated to the architectural design*. In proceedings of The 6th World Multiconference on Systemics, Cybernetics and Informatics (SCI2002), Orlando, USA, pp: 54-59.
- Kacher, S., G. Halin, J. C. Bignon and G. Duffing (2002). *Content-based image retrieval. An assistance tool to the architectural design*. In proceedings of Design and Decision Support Systems in Architecture and Urban Planning (DDSS 2002), Ellecom, The Netherlands.
- Kacher, S., G. Halin, J. C. Bignon and G. Duffing (2003). *A content-based image retrieval tool dedicated to the architectural design*. In proceedings of The 6th World Multiconference on Systemics, Cybernetics and Informatics (SCI2002), Orlando, USA, pp: 54-59.
- Kiczales, G., D. G. Bobrow and J. Des Rivieres (1991). *The Art of the Meta-object Protocol*, MIT, Press.
- Koch, N., A. Kraus and R. Hennicker (2001). *The authoring process of the UML-based web engineering approach*. In proceedings of Thei First International Workshop on Web-Oriented Software Technology, Valencia, Spain.
- Kruchten, P. (2000). *Introduction au Rational Unified Process*. Paris, Editions Eyrolles.
- Kuutti, K. (1996). Activity theory as a potential framework for human-computer interaction. In *Context and consciousness: activity theory and human-computer interaction*. B. A. Nardi, Cambridge and London, MIT Press: pp: 69-103.
- Lafayette, C. (1996). *Sociologie des organisations*. Paris, Editions Nathan Université.
- Lahlou, Y. (1996). *Modélisation et recherche basées sur le contenu d'objets complexes. Le système EMIR*. Doctorat, Université Henri Poincaré - Nancy I, Nancy.
- Lahlou, Y. and N. Mouaddib (1998). "Un modèle d'objets pour bases de données semi-structurées." *L'objet, numéro spéciale sur "Les représentations par objets en conception"*. vol 4 (2), pp: 135-154.
- Le Pallec, X. (2002). *Des services d'adaptation de modèles pour la coopération de méta-systèmes : application aux groupware flexibles*. Doctorat, Université des Sciences et Tehnologies, Lille.
- Lemattre, C. (1998). *Présentation hypermédia d'études approfondies en architecture*. DEA. Nancy, Map-Crai, Ecole d'Architecture.
- Lemesle, R. (2000). *Techniques de modélisation et de méta-modélisation*. Doctorat, Université de Nantes.
- Lemoine, J.-L. (1999). *Modélisation des systèmes complexes*. Paris, Dunod.
- Léonard, D. (1989). *Conception et représentation des objets à comportement complexe*. In proceedings of INFORSID, Nancy, France, pp: 285-298.
- Léonard, D., G. Halin and J.-C. Bignon (1992). *The alternative : A Specialization of Inheritance for the Design of Evolutive Graphical Objects*. In proceedings of Third Eurographics Workshop on Object Oriented Programming, Champéry, Suisse.

- Leontiev, A. N. (1978). *Activity, Consciousness and Personality*, Prentice Hall.
- Lucarellea, D., S. Parisotto and Z. A. (1993). *MORE : Multimedia Object Retrieval Model*. In proceedings of Fifth ACM Conference on Hypertext (Hypertext'93), Seattle, Washington, pp: 39-50.
- Malcurat, O. (2001). *Spécification d'un environnement logiciel d'assistance au travail coopératif dans le secteur de l'architecture et du BTP*. Institut National Polytechnique de Lorraine, Nancy, 153 pages.
- Mathieu, F. (1996). *Archimédia. Multimédia, multicultural, architecture*. DEA. Nancy, MAP-CRAI, Ecole d'Architecture.
- Mechkour, M. (1995). *EMIR2 : An Extended Model for Image Representation and Retrieval*. In proceedings of Dexa'95, pp: 395-404.
- Midler, C. (1993). *L'auto qui n'existait pas ; Management des projets et transformation de l'entreprise*. Paris, InterEditions.
- Midler, C. (1996). Modèles gestionnaires et régulations économiques de la conception. In *Coopération et Conception* Ouvrage collectif.. Edition Octares: pp: 63-85.
- Mouaddib, N., G. Halin, Y. Lahlou and O. Foucaut (1993). *EMIR : modèle étendu et méthode de recherche pour objets complexes. Premières spécifications*. Rapport, CRIN.
- Mouaddib, N., Y. Lahlou and G. Halin (1994). *EMIR : A Content-Based Data Model*. In proceedings of Third Maghrebian Conference on Software Engineering and Artificial Intelligence, Rabat, Maroc.
- Naja, H. (1997). *CEDRE : un modèle pour une représentation multi-points de vue dans les bases à objets*. Doctorat, Université Henri Poincaré (UHP), Nancy.
- Naja, H. (1998). "La représentation multiple d'objets pour l'ingénierie." *L'objet", numéro spéciale sur "Les représentations par objets en conception*. vol 4 (2), pp: 173-192.
- Nakapan, W. (1998). *La navigation thématique par l'image. Indexation semi-automatique d'images à partir du WWW et Application sur la recherche interactive et progressive d'images*. Mémoire du DEA "Architecturologie, Conception Technique, et Informatique Graphique". Nancy, Université Henri Poincaré (Nancy 1).
- Nakapan, W. (2003). *Recherche d'informations par l'image. Application à la recherche interactive de produit du bâtiment*. Doctorat, Institut National de Polytechnique de Lorraine, Nancy, 240 pages.
- Nanard, J. and M. Nanard (1998). "La conception d'hypermédiass." *Hypertextes et Hypermedias*. vol (Les hypermédiass, approches cognitives et ergonomiques), pp: 15-34.
- Nelson, T. (1967). Getting it out of our system. In *Information retrieval : a critical review*. T. Books, Washington: pp: 191-210.
- Newell, A. and H. A. Simon (1972). *Human Problem Solving*, Englewood Cliffs, NJ : Prentice-Hall.
- OMG (2000). *Méta Object Facility (MOF) Specification*. OMG Document formal, Object Management Group.
- Pelissier, C. (1997). *DICOMAT. Spécifications et prototypage d'un dictionnaire hypermédia de la construction*. DEA. Nancy, MAP-CRAI, Ecole d'Architecture.
- Prost, R. (1995). *Introduction - Concevoir, Inventer, Créer*, Edition L'Harmattan.
- Raynaud, D. (2001). "Compétences et expertise professionnelle de l'architecte dans le travail de conception." *Sociologie du travail, Editions scientifiques et médicales Elsevier SAS*. vol 43.
- Rieu, D. and G. T. Nguyen (1991). *De l'objet à l'objet CFAO*. In proceedings of MICAD 91, Paris.
- Rui, Y., T. S. Huang, M. Ortega and S. Mehrotra (1998). "Relevance Feedback: A power tool for interactive content-based image retrieval." *IEEE Transaction of Circuits and Systems for Video Technology*. vol 8 (5), pp: 644-655.
- Sahanouni-Belblidia, Y. (1999). *Modélisation des données dans le bâtiment pour le développement d'outils d'assistance à la conception technique*. Doctorat, l'Institut National Polytechnique de Lorraine (INPL).
- Salber, D., J. Coutaz, D. Découchant and M. Riveill (1995). De l'observabilité et de l'honnêteté : le cas du contrôle d'accès dans la communication Homme-Homme médiatisée. In *Journées IHM'95* Toulouse, Cépaduès: pp: 27-34.
- Salton, G. (1986). *Recent Trends in Automatic Information Retrieval*. In proceedings of ACM Information Retrieval, Pisa, Italy, pp: 1-10.

- Salvador, T., J. Scholtz and J. Larson (1995). "The Denver Model for Groupware Design." *SIGCHI Bulletin*. vol (28), pp: 52-58.
- Scaletsky, C., F. Schatz, G. Halin, J. C. Bignon and E. Vion (2002). *O sistema "kaléidoscope" de organizaç-o de referências ao projeto arquitetural*. In proceedings of SIGradi, Caracas, pp: 129-134.
- Scaletsky, C. C. (2003). *Rôle des références dans la conception initiale en Architecture : contribution au développement d'un Système Ouvert de Référence au Projet d'architecture - le système "Kaléidoscope"* -. Institut National Polytechnique de Lorraine, Nancy, 200 pages.
- Schmidt, K. (2002). "Remarks on the complexity of cooperative work." *T. H. Benckroun (eds), Cooperation and Complexity in Sociotechnical Systems. Revue des sciences et technologies de l'information, numéro spécial, Paris. Hermes/Lavoisier*. vol, pp: 443-483.
- Schmidt, K. and I. Wagner (2002). *Coordinative artifacts in architectural practice*. In proceedings of Fifth International Conference on the Design of Cooperative Systems (COOP 2002), Cooperative Systems Design: A Challenge of the Mobility Age, Saint Raphaël, France, IOS Press, Amsterdam, pp: 257-274.
- Schwabe, D., G. Rossi and S. D. J. Barbosa (1996). *Systematic hypermedia design with OOHDM*. In proceedings of Hypertext'96 Conference, Washington DC, USA., pp: 116-128.
- Schwabe, D. and J. Nanard (1999). *Design Patterns in Hypermedia*. In proceedings of Hypermedia Development Workshop of Hypertext'99 conference, Darmstadt, Germany.
- SIGMA (1995). *Modélisation des données du bâtiment*. Compte-rendu du GE4, AFNOR, Paris.
- Sillaume, G. and (1997). *Servitec : Catalogue distribué multimédia pour la documentation technique des produits du bâtiment*. Rapport de stage. Nancy, Université Nancy2.
- Simon, H. A. (1971). *Style in Design*. In proceedings of 2nd Annual Design Research Association Conference, Pittsburgh.
- Simon, H. A. (1990). *Sciences des systèmes, Sciences de l'artificiel*. Paris, Dunod.
- Simon, H. A. (1992). "De la rationalité Substantive à la Rationalité procédurale." *Revue PISTES*. vol 3 (Octobre 92).
- Smith, J. R. and S. F. Chang (1996). "Visually searching the web for content." *IIIE Multimedia magazine*. vol 4 (3), pp: 12-20.
- Suchman, L. A. (1987). *Plans and situated action: the problem of human-machine interaction*, Cambridge University Press.
- van Rijsbergen, C. J. (1979). *Information Retrieval*. London, Butterworths.
- Vendrig, J. (1997). *Filter Image Browsing : A study to image retrieval in large pictorial database*. Universiteit van Amsterdam.
- Villanova, M., J. Gensel and H. Martin (2003). *Conq modèles pour intégrer l'accès progressif dans les systèmes d'information sur le Web*. In proceedings of INFORSID'03, Nancy, France, pp: 219-234.
- Visser, W. (2002). Conception individuelle et collective. Approche de l'ergonomie cognitive. In *Cognition et création. Explorations cognitives des processus de conception*. E. Mardaga, ouvrage collectif.
- Wagner, M. (2000). *Spécification et réalisation d'un robot extracteur et indexeur d'images provenant de sites Internet du bâtiment*. Metz, Camos-CNAM.
- Wertsch, J. V. (1981). *The concept of activity in Soviet psychology*. New York, Sharpe.
- Zerrouki, N. (2001). *Analyse et expérimentation d'un robot d'indexation d'images*. Rapport de DEA. Nancy, Université Henri Poincaré, UHP.

Annexe 1 : Curriculum vitae

I. Etat Civil

Nom patronymique :	HALIN
Prénoms :	Gilles, Jean Pol
Date et lieu de naissance :	16 septembre 1962 à Revin (08)
Nationalité :	Française
Situation de famille :	Marié, 3 enfants
Adresse personnelle :	4, rue des Bélemnites, 54280 Seichamps
Situation personnelle :	Maître de Conférences en Informatique à l'Université de Nancy2 UFR Mathématiques et Informatique

II. Diplômes et études

1989	Doctorat de l'Université Henri Poincaré en informatique, mention très honorable (UHP)
1985	DEA informatique mention Assez Bien (UHP)
1984	Maîtrise Informatique mention Assez Bien (UHP)
1983	Licence Informatique mention Assez Bien (UHP)
1982	DUT Informatique (Reims)
1980	Baccalauréat série C mention Assez Bien (Charleville-Mézières)

III. Thèse

Titre : Apprentissage pour la Recherche Interactive et Progressive d'Images : Processus Exprim et Prototype Rivage.

Composition du jury :

Directeur de thèse : Marion CREHANGE, Professeur à l'Université de Nancy 2

Rapporteurs : Jean Marie PIERREL, Professeur à l'Université de UHP.
Yves CHIARAMELLA, Professeur à l'Université de Grenoble.

Examineurs : Maryse QUERE, Professeur à l'Université de Nancy 2.
Jean SALLANTIN, Chargé de Recherche CNRS, Centre de Recherche en Informatique de Montpellier.

Invités : Muriel CLUZEAU, Maître de Conférences à l'IUT de Dijon.
Michel REBUFFET, Société Européenne de Propulsion (MS2I).

IV. DEA

Titre : Regroupement de régions sur des images tridimensionnelles.

Responsable : Professeur Roger MOHR, équipe Reconnaissance des Formes et Intelligence Artificielle du CRIN (Centre de Recherche en Informatique de Nancy).

V. Expériences professionnelles

2001-2003 Délégation CNRS à l'UMR MAP n°694, au sein de l'équipe MAP-CRAI, Ecole d'Architecture de Nancy.

1999- Maître de Conférences en Informatique à l'UFR Mathématiques et Informatique de l'Université de Nancy 2.

Habilitation à co-diriger des thèses par le conseil scientifique de l'INPL, Avril 2001.

Maître de Conférences en Informatique à l'IUT de l'Université de Metz.

1990-1999 Titularisation le 1^{er} octobre 1991.

Passage en 1^{ère} Classe le 1^{er} Octobre 1995.

1989-1990 Attaché Temporaire d'Enseignement et de Recherche à l'IUT de Nancy 2, département informatique.
(11/1989, 9/1990)

1989 Allocataire d'Enseignement et de Recherche à l'IUT de Nancy 2, département informatique.
(4/1989,10/1989)

1986-1989 Société Européenne de Propulsion (SEP, Puteaux). C'est avec cette société que j'ai obtenu un contrat CIFRE qui a été établi en collaboration avec le CRIN (Centre de Recherche en Informatique de Nancy).

1983-1985 Soft Publicité (Reims). Cette société m'a employé occasionnellement pour développer des programmes de gestion sur un micro-ordinateur.

1982-1983 Logic Informatique (Reims). Cette société rémoise de service en informatique m'a employé à temps partiel pour développer des programmes de gestion sur des micro-ordinateurs pour des PME.

Annexe 2 : Activités de recherche

I. Synthèse

2001-2004 : Mes activités de recherche se sont déroulées en totalité au CRAI (Centre de Recherche en Architecture et Ingénierie de Nancy) qui fait partie depuis 1998 de l'UMR CNRS n°694 MAP (Modèles et Simulations pour l'Architecture, l'urbanisme et le Paysage) dont les domaines de recherche sont la synthèse d'images, la CAO et l'ingénierie de l'information technique dédiée au Bâtiment.

J'ai participé principalement à deux projets :

- **Cocoa** : Modélisation de l'activité coopérative de la conception architecturale,
- **ConceptImage** : Utilisation de l'image dans la conception architecturale.

Projet Cocoa

Dans le cadre du projet Cocoa, nous étudions principalement la définition d'un modèle de coopération proposant une organisation et une vue « relationnelle » de l'information par opposition à l'organisation « hiérarchique » préconisée par les outils actuels. Ce projet a pour origine une collaboration avec le LORIA (Equipe ECOO) et FRANCE TELECOM RECHERCHE & DÉVELOPPEMENT qui s'est concrétisée par la définition de ce que pourrait être une architecture logicielle coopérative où la coordination explicite (de type Workflow) et implicite (de type conscience de groupe) cohabiteraient.

Projet ConceptImage

Ce projet fédère l'ensemble des projets qui utilise l'image comme support dans l'aide à la conception architecturale, à savoir :

- **Batimage** : la recherche de produits du bâtiment par l'image,
- **Image-Référence** : utilisation de l'image comme **référence** dans le cadre de la conception initiale ou avancée,
- **Wimexbot** : extraction d'images à partir du Web.

1995-2000 : Mon principal centre d'intérêt a porté sur la modélisation, l'échange et l'utilisation de l'information technique dans le domaine du Bâtiment.

Projet HYPERCAT

(Conception et Réalisation de Catalogue Electronique Hypermédia) : il s'agit dans ce projet de proposer aux architectes, et autres acteurs du bâtiment, plusieurs formes d'accès (de type Hypermédia) à une base d'informations sur les produits du bâtiment. Une nouvelle base BATIMAGE (le BATiment en iMAGE) a été réalisée dans le cadre du projet HYPERCAT. Elle contient des images, extraites, à l'aide du robot **Wimexbot**, des sites d'architectes et des fournisseurs de produits du bâtiment, indexées par les mots contenus dans leur légende ou dans un texte proche. Ces images sont utilisées pour proposer une navigation par l'image, au travers d'une recherche interactive et progressive, comme nouveau mode de recherche de produits.

Méthode MoHyCan

La méthode MoHyCan (Méthode et modèle de Conception d'Hypermédia pour la réalisation de Catalogue Electronique) : j'ai mis au point cette méthode comme support à la communication entre les différents intervenants dans la conception de nos applications (architectes, étudiants, ingénieurs).

1991-1994 : J'ai été membre du Laboratoire de Recherche en Informatique de Metz (LRIM) dirigé par Yvon Gardan. C'est dans le cadre d'une collaboration entre le CRAI et le LRIM que j'ai commencé mes activités sur la CAO et le Bâtiment. Durant cette période, mon principal centre d'intérêt a été la modélisation et l'utilisation d'informations complexes.

Modèle EMIR

Le modèle **EMIR** [32] (Extended Model for Information Retrieval), que nous avons défini en collaboration de l'équipe **EXPRIM** du **LORIA**, permet la description, le stockage et la recherche d'objets complexes décrits par leur contenu.

Projet EMIR/arTec

Le projet **arTec** du CRAI se propose de modéliser la phase de conception technique d'un bâtiment. Le projet EMIR/arTec a ajouté au processus, grâce au gestionnaire d'objets complexes (EMIR), un contrôle de la cohérence et une mémoire à court et long terme.

Projet DOMITEC

Définition d'un outil Hypermédia de présentation et de consultation de documentation technique sur les produits bâtiments.

1986-1990 : J'ai été inscrit en nouvelle thèse (Doctorat de l'Université Henri Poincaré, UHP) dans l'équipe de Marion Créhange qui a été mon directeur de thèse. Mes travaux sont axés sur la réalisation et l'étude de l'apport du processus **EXPRIM** dans la recherche interactive d'images. Cette approche a été réalisée dans le système **RIVAGE** écrit en Smalltalk 80. Notre thèse intitulée « Apprentissage pour la recherche interactive et progressive d'images : processus EXPRIM et prototype RIVAGE » décrit dans le détail toutes ces activités ainsi que les résultats.

1986-1987 : Participation au projet européen Esprit n°901 (An intelligent general public data, voice and picture storage and retrieval system) qui a fait collaborer les sociétés Philips, BBC et SEP. La SEP avait comme sous-traitant le CRIN et le Bureau Marcel van Dijk de Bruxelles.

1984-1985 : DEA dans le pôle vision de l'équipe Reconnaissance des Formes et Intelligence Artificielle du CRIN. Sujet : Regroupement de Régions sur des images tridimensionnelles dans le cadre du projet TRIDENT (interprétation de scènes naturelles).

II. Récapitulatif des programmes de recherche

- **CoCAO v2** : Coopération pour la conception assistée par ordinateur. 2001-2004.
- **DemoWeb** : Projet de Ministère de l'Industrie : « la démocratisation des outils de partage d'information dans le milieu du bâtiment » Réation de Batibox 2 ; <http://www.architectes-fr.com/batibox/>. 2000-2003
- **Trouver** : Projet du Ministère de l'industrie : « Trouver sur Internet et utiliser dans ses logiciels un produit du bâtiment » . Réalisation d'une recherche par l'image. <http://www.trouver.crit.archi.fr/>. 2001.
- **CoCAO v1** : Coopération pour la conception assisté par ordinateur. CRAI, LORIA, France Telecom. 1998-2001.
- **ConceptImage** : Utilisation de l'image dans le processus de conception 2001-2003.
- **Hypercat** : Conception et Réalisation de Catalogue Electronique Hypermédia. Ce projet rassemble plusieurs sous projets, CRAI, 1997-2001:

- **Docmat** : Gestion de la documentation technique sur les produits du bâtiment.
- **Batimage** : Le bâtiment en Image.
- **Domitec** : Présentation hypermedia de la documentation technique du bâtiment,
- **ArTec** : Modélisation conceptuelle des données du bâtiment. CRAI, Plan construction, 1995-1998.
- **Emir** : Extended Model for information retrieval, CRAI, équipe Exprim du LORIA. 1991-1995.
- **Emir/Artec** : Gestion d'objets complexes pour l'aide à la conception technique. 1994-1995.
- **Exprim** : Processus de recherche d'images. CRIN (LORIA), 1986-1990.
- **Esprit n°901** : An intelligent general public data, voice and picture storage and retrieval system. CRIN, Bureau Marcel van Dijk, SEP, 1986-1987.
- **Trident** : Interprétation de scènes naturelles. CRIN, 1986.

III. Activités Nationales

2002-2004 : Participation au groupe « Collecticiels » du GDR I3 animé par Bertrand David (professeur à l'Ecole Centrale de Lyon).

2000-2003 : Participation au groupe de travail « DemoWeb » dirigé par l'association MediaConstruct.

1993-1994 : Participation au groupe de travail AFCET « Modélisation des objets en cours de conception » animé par Henri Habrias (professeur à l'Université de Nantes) et Guy Pierra (Professeur à l'ENSMA de Poitiers).

1993-1995 : Participation au groupe d'étude sur la Représentation des Données de Produits à l'AFNOR (GE 1), norme STEP : cette participation se concrétise par l'intermédiaire du projet SIGMA du Plan Construction (Ministère de l'Equipement) qui a pour objectif de proposer un modèle de données bâtiment pour le protocole d'application internationale de la norme STEP "APPP Building-Construction".

IV. Collaborations

- **Université de Rangsit** près de Bangkok en Thaïlande : collaboration avec l'équipe de W. Nakapan pour la mise en place d'une expérience sur la coopération à distance.
- **MEDIACONSTRUCT** : Association Nationale qui se positionne comme fédérateur - pour le secteur construction et gestion de patrimoine - des acteurs du marché de l'échange électronique pour organiser et "démocratiser" l'accès de tous les professionnels aux outils de la société de l'information.
- **LORIA** (Laboratoire Lorrain de Recherche en Informatique et ses Applications), Nancy. Collaboration avec l'Equipe ECOO dirigée par Claude Godart dans le cadre du projet CoCAO.
- **FRANCE TELECOM RECHERCHE & DÉVELOPPEMENT** (Centre de Recherche et Développement de France Telecom) Collaboration dans le cadre du projet CoCAO.
- **CRIT** (Centre de Ressources et d'Informations Techniques) Ecole d'Architecture de Nancy, Ecole d'Architecture de Strasbourg, D.G.U.H.C. (Ministère de l'Equipement). Collaboration dans le cadre du projet HYPERCAT.
- **Unité Architecture de la Faculté des Sciences Appliquées de l'Université Catholique de Louvain**. Collaboration dans le cadre de l'Université Virtuelle Francophone avec l'équipe du Pr. Verhaegen, et du Pr. Simon sur « Corpus pour les sciences de l'Architecture ».
- Le Laboratoire **PARAGRAPH** de l'Université Paris VIII dirigé par J.P. Balbe. Collaboration dans le cadre de la Conférence « Hypertextes et Hypermédiass : Réalisations, Outils & méthodes ».
- Le Laboratoire **GAMSAU** de l'Ecole d'Architecture de Marseille, dirigé par Michel Florenzano et l'équipe **ARIA** de l'Ecole d'Architecture de Lyon dirigée par Hervé Lequay. Collaborations au sein de l'UMR CNRS MAP n°694.

V. Participation à des comités de programme de conférences

- Membre du comité de programme de DDSS 2004, 7th International Conference : Design & Decision Support Systems in Architecture and Urban Planning, qui se tiendra à en Juillet 2004 à Sint-Michielsgestel, Pays-Bas.
- Membre du comité de programme de Inforsid 2004 qui se tiendra en mai 2004 à Biarritz. <http://inforsid2004.univ-pau.fr>.
- Membre du comité de programme de CAADRIA 2003 qui s'est tenu à Bangkok (Thaïlande) en mai 2003. <http://www.caadria2003.com>
- Membre du comité de programme de Inforsid 2002 qui s'est déroulé à Nantes en Juin 2002. <http://www.sciences.univ-nantes.fr/info/recherche/INFORSID02/Infor.htm>

VI. Organisation de manifestation

- Membre du comité d'organisation de Inforsid 2003 que s'est tenue à Nancy en Juin. <http://loria.inforsid2003.fr>
- Organisateur du séminaire "Assistance à la coopération en Architecture" qui a eu lieu à Nancy le 5 décembre 2002.
- Membre du comité d'organisation et de programme de la Conférence sur les « Hypertextes et Hypermédias : Réalisations, Outils & Méthodes » Paris, 23 et 24 Septembre 1999.
- Participation à l'organisation des cours du congrès INFORSID 1989 à Nancy sur les langages et modèles à objets.

VII. Distinctions

- Prix "Roc d'or" de FIMBACTE 2002 (Festival International Multimédia Bâtiment Architecture - Construction - Travaux publics - Environnement) pour le CD ROM Materia Synthesis, qui présente les différents produits d'ATOFINA. Il intègre un moteur de recherche multicritères orientés utilisateur-prescripteur. Il offre une interface novatrice et ludique de découverte des produits, fondée sur des séquences spatiales tridimensionnelles. Mon apport à cette réalisation se situe dans la conception des modes de navigation.
- Prix « Ivan Petrovic memorial prize for best conference paper » à la conférence eCAADe , Helsinki Finland, Aout 2001.
- Prix « Mencion Honrosa a mejor trabajo » à la 5ième Conférence SIGRADI, Concepcion, Chili, novembre 2001.
- Prix spécial du Jury FIMBACTE 99 (Festival International Multimédia Bâtiment Architecture - Construction - Travaux publics - Environnement) pour le CD Rom PLASTI-cité : les matières plastiques dans l'architecture. Mon apport à cette réalisation se situe dans la conception des modes de navigation multimedia.
- 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 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.

VIII. Logiciels

- **Bat'Group** : Plateforme coopérative pour les acteurs du bâtiments intégrant l'interface de navigation Bat'Map, Architecture Client/Serveur J2EE-MySQL. S. Charles, S. Dalichamps, D. Hanser, G. Halin.
- **Wimexbot (v2)** : Robot extracteur et indexeur d'images. Architecture Client/Serveur J2EE-MySQL. Mars 2004. M. Cane, G. Halin.
- **Materia Synthesis** : le CD ROM Materia Synthesis présente les différents produits d'ATOFINA. Il intègre un moteur de recherche multicritères orientés utilisateur-prescripteur.
- **Wimexbot (v1)** : Robot extracteur et indexeur d'images. Java. Septembre 2001. M. Wagner, G. Halin.
- **PLASTI-Cité** : CD-ROM de découverte et d'initiation aux matières plastiques dans le bâtiment et l'architecture. J.C. Bignon, P. Humbert, O. Cunin, G. Halin. Septembre 1999.
- **DOCMAT** : Logiciel et Serveur Web de gestion de la documentation technique sur les produits du bâtiment. JC Bignon, G. Halin, P. Humbert. 1997-2002⁴³.
- **BATIMAGE** : Logiciel et Serveur Web d'interrogation de produits par l'image. JC Bignon, G. Halin, P. Humbert, W. Nakapan. 2000-2002⁴⁴.
- **DOMITEC** : Logiciel hypermédia de présentation de données techniques des produits du bâtiment. J.C. Bignon, G. Halin, P. Humbert, P. Weitling. Commercialisé par la société CME (Conception Multimédia pour l'Entreprise) Nancy. 1995-1998.
- **RIVAGE** : Prototype de recherche interactive et progressive d'images. Smalltalk 80. G. Halin, P. Kerekes. 1988-1990.

⁴³ <http://www.crit.archi.fr>

⁴⁴ <http://www.crit.archi.fr/Recherche/Image/Start.html>

Annexe 3 : Activités d'enseignement

I. Présentation générale

Après neuf années passées au département informatique de l'IUT de Metz, mes activités pédagogiques ont lieu depuis la rentrée 1999 à l'UFR Mathématiques et Informatique de Nancy2 où j'ai la responsabilité des enseignements suivants :

- Conception et réalisation de systèmes distribués du DESS SID (Systèmes d'Information Distribués)
- Conception orientée objets des systèmes d'information du DESS ACSI (Audit et Conception des Systèmes d'Information),
- Les technologies du Web pour l'accès aux systèmes d'informations du DESS ACSI,
- Conception d'Hypermedias et de bases de données du DESS INI (Images Numériques et Interactivité)

Je suis également co-responsable avec J.C. BIGNON du module «modèles de données» du DEA «Modélisation et Simulation des Espaces Bâti» de l'Ecole d'Architecture de Nancy, en collaboration avec l'Ecole d'Architecture de Strasbourg, l'ENSAIS, l'UHP et l'INPL.

Dans chacun de ces enseignements je m'attache à présenter l'aspect «conception des systèmes informatiques» en abordant la complexité de manière incrémentale. La conception repose sur un ensemble de vues du système représentées à l'aide de modèles essentiellement graphiques. Ma démarche pédagogique repose sur la réalisation en groupe de projets avec l'utilisation d'outils (AGL, Collecticiels, EDI,...) et de méthodes (modèle, processus).

II. Descriptif des enseignements

Vous trouverez, dans le tableau suivant, la description de mes enseignements (nombre d'heures étudiant effectué, thèmes abordés, et auditoire) de ces dernières années.

Année	Thème	Nb heures	Auditoire	Nature	Contenu
03-04	Conception d'hypermedia et de bases de données.	30	DESS INI	Cours TD, TP.	Entité/Association-Modèle Relationnel, SQL, MySql, Méthode RMM.
03-04	Réalisation d'application WEB.	20	DESS SID	Cours TD, TP, Projet	Client/Serveur Web. Langage Java, Servlet, JSP, JDBC.
03-04	Réalisation de Base de données	20	DEUST 3	Cours TD, Projet	SQL, MySql, PHP
01-04	Conception et Modélisation UML des SI distribué	24	DESS SID	Cours TD, TP, Projet	Technologie des composants Approche Multi-serveurs Conception UML, AGL Rose
99-04	Conception orientée objets des SI	25	DESS ACSI	Cours TD, TP, Projet	Langage UML. Macro & Micro processus AGL Rose.
99-04	Les technologies du Web et les systèmes d'informations	25	DESS ACSI	Cours TD, TP, Projet	Client/Serveur Web. Javascript – ASP Langage Java, Servlet, JSP, JDBC.
94-04	Modélisation des données	25	DEA en Architecture et Informatique EAN	Cours TD	Etude des Modèles de données. (NIAM, E/R, STEP, UML, IFC)
00-01	Réseaux et accès aux bases de données	80	3 ^{ème} Année IUP Miage	Cours TD, TP, Projet	Généralités sur les réseaux. Client/Serveur Web. Perl, Javascript – ASP Langage Java, Servlet, JSP, JDBC.
00-01	Java Avancé	20	Licence Professionnelle	Cours TD, TP, Projet	Java coté Serveur Web. Servlet, JSP.
99-01	Interrogation et conception des Bases de Données	50	2 ^{ème} Année IUP Miage	Cours TD, TP	Entité/Association-Lges algébrique, prédicatif, SQL
99-00	Conception de Bases de Données	25	2 ^{ème} Année MSG	Cours TD, TP	Modèle E/A, Lge SQL, Microsoft Access.
99-00	Langage Java	25	Licence Cognitive	Cours TD, TP	Java, conception d'interface utilisateur (AWT)
96-00	Génie Logiciel	25	Module B5 du CNAM. CAMOS Metz	Cours TD	Langage UML. Macro & Micro processus. AGL Rose.
90-99	Algorithmique Programmation	160	1 ^{ère} Année Dpt Info. IUT Metz	Cours, TD, TP, Projet	Algorithmique. Utilisation du logiciel EvA. Programmation en ADA.

Année	Thème	Nb H.	Auditoire	Nature	Contenu
96-99	Génie Logiciel et Utilisation d'atelier	55	2 ^{ème} Année Dpt Info. IUT Metz	Cours TD Projet	Analyse et Conception. Orientées Objets. Langage UML - AGL Rose. ADA, C++, Java, Delphi.
97-99	Génie Logiciel et Utilisation d'atelier	48	Année Spéciale et AETP. Dpt. Info. IUT Metz	Cours, TD Projet	Idem enseignement précédent.
93-99	Projet de Synthèse	20	2 ^{ème} Année DUT info. Metz.	TD	Encadrement d'un projet de conception/programmation.
90-99	Smalltalk ou JAVA (depuis 98)	20	2 ^{ème} Année DUT info. Metz.	Cours, TD	Programmation Objet avec Smalltalk ou JAVA(depuis 98)
99-00	Conception de pages dynamiques	12	Cadre territoriaux. ENACT	Cours TP	Programmation en JavaScript.
99	Echange des données	5	DPEA/DU en Architecture EAN	Cours	Présentation des différentes normes d'échanges et de leurs applications.
92-98	Programmation Objet	20	DESS ACSI. Nancy 2	Cours, TD, TP.	Programmation Objet avec Smalltalk.
90-94	ACSI-BD	36	1 ^{ère} Année Dpt Info. IUT Metz	TD	Analyse et Conception de Système d'Informations. Base de Données. INFORMIX.
93-94	Génie Logiciel	15	2 ^{ème} Année Dpt Info. IUT Metz	TD	Analyse et Conception. Utilisation d'AGL. Méthode MERISE.
90-93	Recherche Information	10	Licence ISFATES Univ. METZ	Cours	Etude de la Recherche d'Informations.
88-91	Architecture des Ordinateurs	50	1 ^{ère} Année DUT info. Nancy 2.	Cours, TD, TP.	Architecture des Ordinateurs, codification, assembleur.
88-90	Compilation	50	idem	idem	Notion de compilation. Réalisation d'un compilateur.
88-90	BD	50	idem	idem	Base de Données. INFORMIX.
88-90	Systèmes Documentaires	30	DESS IST Nancy I, Nancy 2, INPL.	idem	Etude des systèmes documentaire. TEXT0.

III. Polycopiés – Support de cours

- Conception de SI distribués avec UML. Support de Cours. UFR Maths-Info, Nancy 2. G. Halin.
- Conception orientée objets des SI. Support de Cours. UFR Maths-Info, Nancy 2. G. Halin.
- Réseaux et Bases de données. Support de Cours. UFR Maths-Info, Nancy 2. G. Halin.
- Programmation Java. Support de Cours. UFR Maths-Info, Nancy 2. G. Halin.
- Le Data Web. Support de Cours. UFR Maths-Info, Nancy 2. G. Halin.
- Modélisation de données. Support de Cours. Ecole d'Architecture de Nancy.
- Analyse et Conception Orientée Objets. Utilisation d'UML. Support de Cours. G. Halin. IUT de Metz.
- Algorithmique et Programmation en ADA. Support de Cours. Halin Gilles, Roka Zsuzsanna, Zertal Lynda ; IUT de Metz.

- Initiation aux systèmes d'exploitation. MS-DOS. Halin Gilles. IUT de Metz.

IV. Logiciels pédagogiques

- EvA : Evaluator d'Algorithme. Utilisé en TP par les étudiants de première année du DUT informatique (METZ) pour évaluer la correction de leurs algorithmes écrits en TD. La dernière version, EvA IV, réécrite en JAVA est disponible <http://eva.tuxfamily.org> Ce logiciel m'a servi de plate-forme de test pour l'utilisation des méthodes et des ateliers du génie logiciel.
- EAOADA : Documentation Hypertexte (en Français) sur le langage ADA avec Editeur de Texte intégré. Utilisé en TP pour programmer en ADA avec une aide en ligne. Le développement de ces logiciels a été effectué par des étudiants de 2ième année du département informatique de l'IUT de Metz et des stagiaires québécois du CEGEP de Trois Rivières.

Annexe 4 : Activités collectives et administratives

I. Charges et responsabilités administratives

1999-2004	Responsable du DESS «Audit et Conception des Systèmes d'Informations». DESS de l'ISIAL co-habité par l'Université de Nancy 2 et l'Université Henri Poincaré. Organisé par l'UFR Math/Info et l'ICN. Charges : Organisation pédagogique, contact avec les industriels (50% des intervenants du diplôme), gestion des stages, présidence du jury d'admission, présidence du jury d'attribution du diplôme, coordination administrative.
2003-2004	Membre suppléant de la commission de spécialistes 27^{ième} de l'Université de Nancy 2. Charges : Etude de dossiers de candidature, participation aux réunions de la CSE.
2002-2004	Membre titulaire de la commission de spécialistes 27^{ième} de l'Université de Metz. Charges : Etude de dossiers de candidature, participation aux réunions de la CSE.
2001-2004	Membre du conseil de direction de l'UMR CNRS/Ministère culture n°694 MAP. Charges : participation aux choix de relatif à la direction de l'UMR (répartition budget, politique scientifique, ...)
1998-2004	Membre du Conseil de Laboratoire du MAP-CRAI (Centre de Recherche en Architecture de Nancy). Charges : participation aux choix relatifs à la direction du laboratoire MAP-CRAI (Achat de matériel, organisation de l'activité du laboratoire, ...)
1996-1997	Directeur des Etudes du département Informatique de l'IUT de Metz. Charges : organisation pédagogique (EDT, choix des intervenants, contact intervenants extérieurs) , relations avec les étudiants, organisation des examens et jury.
1991-1995	Directeur des Etudes du département Informatique de l'IUT de Metz, Responsable de la gestion du matériel. Charges : direction du services informatiques du département (1 ingénieur, 2 techniciens), choix et achat du matériel, choix et achat des logiciels, gestion de la relation enseignant/Service informatique.
1998-1999	Membre élu du Conseil de département du département Informatique de l'IUT de Metz.
1990-1995	Charges : participation à l'organisation du département, établissement du règlement intérieur.

1992-1993	Membre élu du Conseil d'Administration de l'IUT de Metz. Membre de la Commission de Choix des enseignants Charges : participation aux CA de l' IUT, participation aux choix des enseignants-chercheurs.
1991-1999	Tuteur de moniteurs du CIES. Charges : Suivi de l'activité pédagogique, répartition de l'enseignement.

II. Activités collectives

- Chef de projet pour l'étude et la réalisation du site web du MAP-CRAI : réalisation du cahier des charges, suivi du développement.
- Coordinateur du réaménagement du bureau paysagé de l'UFR Math-Info (Nancy2) : gestion de la coordination entre l'architecte, le responsable des travaux et les entreprises.

Annexe 5 : Activité d'encadrement

I. Encadrements de chercheurs

I.1. Tableau récapitulatif

Thèse	DEA ou équivalent	Thèse CNAM
7	16	4

I.2. Encadrements de thèses terminées

- Co-encadrant avec J.C. Bignon de la Thèse INPL de Damien Hanser. Sujet « Prise en compte d'une démarche qualité pour une coordination explicite adaptative dans le processus collaboratif de conception ». Soutenue en Octobre 2003.
- Co-encadrant avec F. Schatz de la Thèse INPL de Celso Scaletsky (deuxième année). Sujet : « Gestion personnalisée et partagée de la connaissance pour l'aide à la conception initiale en architecture ». Soutenue en Septembre 2003.
- Encadrant de la Thèse INPL de Walaiporn Nakapan sous la responsabilité de J.C. Paul. Sujet : « Contribution au développement d'un outil d'assistance à la recherche d'informations par l'image dans le domaine de l'architecture et du BTP ». Soutenue en Juillet 2003.
- Co-encadrement avec J.C. Bignon de la thèse INPL de Olivier Malcurat. Sujet « Contribution au développement d'un outil d'assistance à l'ingénierie concourante dans le domaine de l'Architecture et du BTP ». Soutenue en 2001.

I.3. Encadrements de thèses en cours

- Co-encadrant avec J.C. Bignon de la Thèse INPL de Sabrina Kacher. Sujet : « Images et raisonnement à base de références pour une aide à la conception architecturale ». Soutenance fin 2004.
- Co-encadrant avec J.C. Bignon de la Thèse INPL de Modamed Bouattour. Sujet : « La maquette numérique pour l'aide à la coopération ». Soutenance 2005.
- Co-encadrant avec J.C. Bignon de la Thèse INPL de S. Kubicki. Sujet : « Assistance à la coopération par l'image ». Soutenance 2007.

I.4. Encadrements de DEA ou équivalents

- Encadrant du DEA de Salah-Eddine TAHRI, sujet : « Proposition d'Un Support De Régulation Dans Le Modèle Relationnel de Coopération », Septembre 2003.

- Encadrant du DEA de Sihem AOUEDE. Sujet : « Proposition d'un modèle d'assistance à l'indexation semi-automatique », Septembre 2003.
- Encadrant du DEA de Annie Guerriero. Sujet : « Etude de la coordination dans la coopération entre acteurs au de la conception d'un bâtiment », Septembre 2002.
- Encadrant du DEA de Hélène Chasseur. Sujet : « Visualisation interactive par un hypermedia des relations entre acteurs, activités, et documents au cours de la conception d'un bâtiment », Septembre 2002.
- Co-encadrant du DEA de Olivier André. Sujet : « Représentation par un bâtiment étalon numérique de l'état de conception des ouvrages composant un bâtiment », Septembre 2002.
- Co-encadrant du DEA de Nabila Serrouki. Sujet : « Indexation semi-automatique d'images, expérimentation et bilan », Septembre 2001.
- Co-encadrant du DEA de Vincent André. Sujet : « Etude d'un outil d'aide à la coopération adapté au domaine bâtiment. Validation métier », Septembre 2001.
- Co-encadrant du DEA de Alain Peupion. Sujet : « Etude d'un outil d'aide à la coopération adapté au domaine bâtiment. Validation outil », Septembre 2001.
- Co-encadrant avec J.C. Bignon du DEA « Modélisation des espaces bâtis » (EAN, UHP, INPL) de Sabrina Kacher. Sujet « Aide par l'image pour la conception , application à la technologie bois », Septembre 2000.
- Encadrement du DPEA (diplôme de troisième cycle pour les Ecoles d'Architecture) de Walaiporn Nakapan sur « L'indexation semi-automatique d'images extraites du WWW pour la recherche interactive et progressive de produits du bâtiment ». Septembre 1999.
- Co-Encadrement avec J.C. Bignon du DPEA de Christelle Lemattre sur « L'utilisation du support informatique pour le rendu de concours ». Septembre 1999.
- Co-Encadrement avec J.C. Bignon du DPEA de C. Pélissier sur « L'analyse, la spécification et le prototypage d'un dictionnaire hypermédia de la construction. DICOMAT », Septembre 1998.
- Co-encadrement avec J.C. Bignon de Boukara Abdelaziz, étudiant en DEA Architecture et Informatique, sur la « Définition d'un environnement multi-plateforme et d'un serveur de données sur les produits du bâtiment », Septembre 1995.
- Co-encadrement avec J.C. Bignon de Richard Malmberg, étudiant en DEA Architecture et Informatique sur la « Représentation et Manipulation de l'information technique sur les produits et les matériaux du bâtiment », Septembre 1994.
- Encadrement de Jean Michel Monnet, étudiant en DEA Informatique de l'UHP sur « La définition d'une plate forme flexible et évolutive pour la synthèse d'images » sous la responsabilité scientifique de Jean Claude Paul, Septembre 1993.
- Encadrement de Pierre Huckel, étudiant en DEA Informatique de l'UHP sur « La gestion de l'expérience dans la conception architecturale » sous la responsabilité scientifique de Yvon Gardan, Septembre 1992.

I.5. Encadrements de thèses CNAM

- Encadrement de Marc Wagner, étudiant CNAM en cycle C sur « Spécification et réalisation d'un robot extracteur et indexeur d'images provenant des sites Web du bâtiment », Octobre 2001.
- Encadrement de Alain Damiani, étudiant CNAM en cycle C, sur "La réalisation d'une base de données Multimédia sur les produits du bâtiment ». 1996-1997.
- Co-Encadrement avec J.C. Bignon de Dominique Sornette, étudiante CNAM en cycle C, sur "La définition d'une structure Hypermédia d'une documentation technique d'un fournisseur de produit du bâtiment. DOMITEC ». 1994-1995
- Co-encadrement de Pierre Kerekes, stagiaire CNAM sous la responsabilité de Marion Créhange sur le sujet intitulé « Prototype RIVAGE et mise en correspondance vectorielle pour un système d'interrogation souple de la photothèque d'un centre de recherche industriel ». Octobre 1990.

II. Encadrement de moniteurs d'enseignements

- Tuteur de Eric Deplagne, moniteur à l'IUT de Metz. 1998-1999.
- Tuteur de Manuel Munier, moniteur à l'IUT de Metz. 1995-1998.
- Tuteur de Pascal Deville, moniteur à l'IUT de Metz. 1992-1995.
- Tuteur de Pascal Humbert, moniteur à l'IUT de Metz. 1991-1994.

Annexe 6 : Publications⁴⁵

(classées par type de diffusion)

I. Tableau récapitulatif

Revue internationale	Revue Nationale	Ouvrage Collectif	Conférence invitée	Conférence internationale	Conférence nationale
4	2	1	1	43	6

II. Détails des publications

II.1. Publications dans des revues internationales (avec comité de lecture)

G. Halin, D. Hanser, J.C. Bignon. *User adaptive visualization of cooperative architectural design*. Revue IJAC (International Journal of Architectural Computing). Co-Editors : Andre Brown, Henri Achten. A paraître 2004. 21 p.

G. Halin, D. Hanser, J-C. Bignon, *Towards a contextual vision of a cooperative architectural design project*. The Journal of Decision System. Edition Lavoisier. A paraître 2004. 11 p.

W. Nakapan, G. Halin, , J.C. Bignon. *Extraction of Building Product Image From the Web*. Special issue "Intelligent Technologies" of the International Journal of Intelligent Systems, vol 19 (1/2) January-February 2004, pp 65-78.

Créange M., Foucaut O., Halin G., Mouaddib N., Foucaut J.F. *Semantics of user interface for image retrieval : possibility theory and learning techniques*. Information Processing and Management, vol 25(6), pp 615-627, 1989.

II.2. Publications dans des revues nationales (avec comité de lecture)

Halin G., Hanser D., Bignon J-C. Modèle de coopération orienté relation pour une vision adaptative du projet. Application à la conception architecturale. Revue des Sciences et Technologies de l'information. Série Ingénierie des systèmes d'informations. Vol 8 (2), pp 131-147, 2003.

Halin G., Bignon J.C., Humbert P. *Modélisation Hypermédia de Catalogue : Application au catalogage des produits du bâtiment*. Revue Hypertextes et Hypermédias, Vol 1, n°2-4, Edition Hermes, pp 191-209, 1997.

II.3. Publications dans des ouvrages collectifs

Bignon J.C., Halin G. *Construction d'Hypermedia "Ouverts". Application à la Documentation Technique des produits du bâtiment*. Ouvrage collectif "Hypertextes et Hypermédias : réalisations, outils, méthodes", édition Hermes, 1995.

⁴⁵ Une partie de ces publications sont accessibles sur le site du CRAI (<http://www.crai.archi.fr>)

II.4. Conférences invitées

Halin G. *Visualisation et Navigation graphiques dédiées à la conception coopérative. Application à la conception architecturale*. Journée d'études sur les interfaces intelligentes. Organisée par le Laboratoire Paragraphe, Juin 2003, Maison des Sciences de l'Homme - Saint-Denis <http://h2ptm.hymedia.univ-paris8.fr/ii/>

II.5. Publications dans des conférences internationales (avec comité de lecture)

G. Halin, D. Hanser. *Vers une visualisation contextuelle de la conception coopérative*. 15ème Conférence Francophone IHM 2003, ACM, Caen, novembre 2003.

S. Kacher, J-C. Bignon, G. Halin. *Image indexing vocabulary in architecture, Taxonomic hierarchy and categorisation*. In proceeding of the 9th EuropIA International Conference : E-Activities and Intelligent Support in Design and the Built Environment, 8-10 October 2003, Istanbul, Turkey.

M. Bouattour, G. Halin, J-C. Bignon. *A cooperation model for architectural design. The virtual cooperative project*. In proceeding of the 9th EuropIA International Conference : E-Activities and Intelligent Support in Design and the Built Environment, 8-10 October 2003, Istanbul, Turkey.

H. Chasseur, A. Guerriero, D. Hanser, G. Halin J.-C. Bignon. *Hypermédia adaptatif pour la visualisation d'un projet coopératif architectural*. In proceeding of H2PTM'03, Hypertextes et Hypermédiass, Paris, septembre 2003.

G. Halin, C. Scaletsky, Bignon J.C., Nakapan W., Kacher S. *Three approaches of the use of image to assist architectural design*. In proceeding of CAADRIA 2003, Rangsit University, Thailand, 2-5 Mai 2003, 15 p.

G. Halin, D. Hanser, J-C. Bignon. *A contextual visualization to support cooperative conception*. In proceedings of IEPM'03, Porto, Portugal, 2003.

Halin G., Hanser D., Malcurat O. , Bignon J.C., *Coordination of heterogeneous teams with a user-adaptive groupware*. Proceedinfs of the conference DMinUCE, Decision Making In Urban and Civil Engineering, 7 pages, Londres, november 2002.

C. Scaletsky., F. Schatz, G. Halin, J -C. Bignon, E. Vion O sistema "kaléidoscope" de organizaç-o de referências ao projeto arquitetural, Proceedings of SIGradi Caracas 2002, Caracas, Ediciones Universidad Central de Venezuela, p. 129-134.

Hanser D., Halin G., Bignon J.C. *Toward a user adaptive vision of architectural projects*. Proceedings of the 20th Conference on Education in Computer Aided Architectural Design in Europe, pp 238-245, eCAADe 2002, Warsaw, Poland, september 2002.

S. Kacher, G. Halin, J.C. Bignon, G. Duffing *A content-based image retrieval tool dedicated to the architectural design*, Proceedings of The 6thWorld Multiconference on Systemics, Cybernetics and Informatics (SCI2002), Vol. 3, pp 54-59Orlando, USA, July 2002.

S. Kacher, G. Halin, J.C. Bignon, G. Duffing, *Content-based image retrieval. An assistance tool to the architectural design*. Proceedings of the conference in Design and Decision Support Systems in Architecture and Urban Planning (DDSS 2002), Ellecom, The Netherlands, July 7-10, 2002.

Halin G., Hanser D., Malcurat O., Bignon J.C. *A relational approach of cooperation in building design*. Proceeding of International conference on concurrent enterprising, ICE 2002, pp 483-49, , Rome, Italy, june 2002.

Hanser D., Halin G., Bignon J.C. *A hyperdocument representation of the project for a user-adaptive groupware*. Proceedings of conférence CIB, Distributed knowledge in Building Vol 1, pp.252-259, Aarhus Danemark, june 2002.

S. Kacher, J.C. Bignon, G.Halin, *Research by image applied to the image based reasoning*, Proceedings of The Ninth international Conference on Computing in Civil and Building Engineering (ICCCBE 2002), pp 103-p108, Taipei, Taiwan, April 2002.

C.C. Scaletsky, F. Schatz, J-C. Bignon, G. Halin. *Acriação de uma ferramenta de auxilio à concepção inicial em arquitetura através de um Sistema Aberto de Referências*. SIGRADI BIOBIO 2001, Concepcion, Chili, Novembre 2001.

J-C Bignon, G. Halin, W. Nakapan, M. Wagner. *Extraction et indexation d'images appliquées au domaine de la conception architecturale et technique*. « Hypertextes et Hypermédias : nouvelles écritures, nouveaux langages » H²PTM'01 Valenciennes, 18 au 20 octobre 2001. pp 403-416.

D. Hanser; G. Halin, J-C. Bignon *Relation Based Groupware for Heterogeneous Design Teams*. Conférence eCAADe19, Helsinki, Finlande, Aout 2001. * Ivan Petrovic memorial prize for best conference paper *.

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. 12 p.

C. Godart, G. Halin, J.C. Bignon, C. Bouthier, 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. 6 p.

W. Nakapan, G. Halin, J.C. Bignon. *Building Product Image Extraction From the Web*. InTech 2000, International Conference on Intelligent Technologies – Bangkok –13-15 décembre 2000. pp 79-88.

G. Halin, J.C. Bignon, W. Nakapan, M. Wagner, P. Humbert. *Outil d'aide à la recherche d'informations techniques par l'image*. Conférence IBPSA'2000, Sophia Antipolis, 26-27 octobre 2000. pp 199-205.

J.C. Bignon, G. Halin, W. Nakapan . *Building product information search by images*. Design & Decision Support Systems in Architecture, DDSS-2000, Nijkerk, The Netherland. 22-25 août 2000. pp 47-62.

O. Malcurat, JC. Bignon, G. Halin, D. Hanser. *CoCAO : Collecticiel à l'usage des métiers du bâtiment*. Conférence IBPSA'2000, Sophia Antipolis, 26-27 octobre 2000. pp 127-137.

O. Malcurat, JC. Bignon, G. Halin. *Improving collaboration in Small Scale Projects*. 8th International Conference on Computing in Civil & Building Engineering, Stanford University, California, USA, 14-17 août 2000.

G. Halin, J.C. Bignon, P. Humbert, W. Nakapan. *HYPERCAT : Le Catalogue HYPERMEDIA des produits du Bâtiment*. « Hypertextes et Hypermédias : Réalisations, Outils & méthodes » Paris, 23 et 24 septembre 1999. pp 327-333.

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, 21-25 février 1999. <http://ise.ee.uts.edu.au/hypdev/ht99w/>

G. Halin, W. Nakapan, J.C. Bignon. *Interactive and progressive image retrieval on the WWW. Application on building product search*. International Workshop MDIC99 "Multimedia Databases and Image Communication", Salerno, Italy, octobre 1999. pp 121-131.

G. Halin, K. Benali, J.C. Bignon, C. Godart. *Cooperation models in co-design : application to architectural design*. In proceedings of 4th International Conference on Design Support System. DDSS 98. Maastricht. juillet 1998.

Halin G., Bignon J.C., Humbert P. *Structuring the Architectural Technical Documentation with an Hypermedia Model*. The 7th International Conference in Civil and Building Engineering (ICCCBE-VII), 19-21 Aout 1997, Séoul, Corée.

Halin G., Bignon J.C., Humbert P. *Hypermedia Structuring of the Technical Documentation for the Architectural Aided Design*. CAAD futures'97, 4-6 août 1997, Munich, Allemagne.

Halin G. *Un Modèle d'Objets Complexes pour l'Aide à la Conception Technique Architecturale*. Third International Conference ilce'95 on "Concurrent Engineering & Technical Information Processing". Paris, février 1995. pp 105-112.

Halin G., Bignon J.C., Léonard D. *Complex Object Management System and Technical Architectural Design Process*. 4th International Conference on Computers in Urban Planning and Urban Management. Melbourne, Australie, 11-14 juillet 1995.

Bignon J.C., Halin G. *Construction d'Hypermedia "Ouverts"*. Application à la Documentation Technique des produits du bâtiment. "Hypertextes et Hypermédias : réalisations, outils, méthodes" 11, 12 mai 1995. Paris VII.

Halin G., Bignon J.C., Léonard D. *Contributions of a Complex Object Retrieval Model to a Dynamical Architectural Design Process*. 2nd International Conference on Design and Decision Support Systems. Vaals, Pays Bas, 15-19 août 1994.

Mouaddib N., Lahlou Y., Halin G. *EMIR : A Content-Based Data Model*. Third Maghrebien Conference on Software Engineering and Artificial Intelligence. Rabat, Maroc, 11-14 avril 1994.

Halin G., Mouaddib N. *An Object Oriented Approach to design a content-based image retrieval model*. SPIE Congress, Vol. 1662, Image Storage and Retrieval Systems, San Jose, février 1992.

Léonard D., Halin G., Bignon J.C. *The alternative : A Specialization of Inheritance for the Design of Evolutive Graphical Objects*. Third Eurographics Workshop on Object Oriented Programming. Champéry, Suisse, 1992.

Halin G., Créhange M., Kerekes P. *Machine learning and vectorial matching for an image retrieval model*. SIGIR '90. 13th International Conference on research and development in Information Retrieval. Bruxelles, 1990.

Créhange M., Halin G. *Image progressive retrieval from a videodisk : a machine learning problem*. SPIE congress, Orlando (Floride) March 1989.

Créhange M., Halin G. *Machine Learning Techniques for Progressive Retrieval* "Datenbanksysteme in Büro, Technik und Wissenschaft". Zürich, mars 1989.

Halin G., Créhange M. *Image progressive retrieval from a videodisk*. Opticalinfo 89. Amsterdam. avril 89.

Halin G., Hamon C. *An hypermedia structure for an interactive image retrieval system*. Online information 89. Londres, Décembre 89.

Halin G., Mouaddib N., Foucaut O., Créhange M. *Semantics of user interface for image retrieval : possibility theory and learning techniques applied on two prototypes*. Proceedings Conference RIAO 88, Boston (USA), mars 1988.

II.6. Publications à des congrès nationaux (avec comité de lecture)

J.C. Bignon, G. Halin, W. Nakapan, Humbert P., Wagner M. *Assistance à la conception architecturale et technique par des méthodes et outils de recherche d'informations par l'image*. 2^{ème} rencontre entre les enseignants et les professionnels de l'architecture et de la construction. MEDIACONSTRUCT, Paris, 3 mai 2001.

JC. Bignon, O. Malcurat, G. Halin. *Coopération et Conception*. 6^{ème} Table Ronde sur la Conception des Nouveaux Systèmes d'Information, Actes de 01Design'99, Saint-Ferréol, France, 14-15 décembre 1999.

Halin G. *Comparaison des modèles de mise en correspondance booléen et vectoriel dans un système de recherche interactive et progressive d'images (RIVAGE)*. Congrès INFORSID, Paris (la Sorbonne). juin 1991.

Halin G. *Un modèle sémantique pour la recherche interactive et progressive d'images*. DI-90 actes du colloque des Docteurs en Informatique. Dijon, octobre 1990.

Halin G. et Mouaddib N. *Deux modèles sémantiques pour la mise en correspondance entre requête et document*. Congrès INFORSID, Nancy, mai 1989.

Créhange M., David J.M. , Foucaut O., Halin G., Thiéry O. *Les structures de données dans le projet EXPRIM (système expert pour la recherche d'images)*. Actes Journées INFORSID, Fontevraud, mai 1986.

II.7. Publications à des séminaires

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, JC. Bignon, G. Halin. *CoCAO: Environnement logiciel d'assistance à la co-conception pour le Bâtiment*. Séminaire UMR-MAP 694, Marseille, France, mai 1999.

II.8. Rapports internes

Mouaddib N., Halin G., Lahlou Y., Foucaut O. EMIR : modèle étendu et méthode de recherche pour objets complexes. Premières spécifications. Rapport CRIN n°93-R-028, 1993.

Bignon J.C. , Halin G., Léonard D. , Huckel P., Sedille J. Modélisation des transferts d'informations techniques en CAO. 130 p. PLAN CONSTRUCTION-CNRS 1992.

Halin G., Créhange M. Techniques d'apprentissage pour la reformulation de requêtes dans une base d'images Rapport CRIN n° 88-R-072, 1988.

Halin G., Créhange M. Request reformulation in an Image Database: a machine-learning problem. Rapport CRIN n° 88-R-073, 1988.

Halin G., Léonard D. Spécifications externes et internes du système EXPRIM Rapport CRIN n° 88-R-075, 1988.

II.9. Rapports Esprit (programme européen)

CRIN, BMvD. Task J2 : Specification of the functions of the dialogue and piloting module. octobre 1986, 87-R-115.

CRIN, SEP. Task K2 : Technical Report. janvier 88.

II.10. Support de tutoriel

Halin G. Démonstration d'un système d'interrogation de bases d'images réalisé à l'aide d'un langage à objets. Support de Cours. Bases de Données Multimedia et Langages Orientés Objets. INFORSID, 1989.

II.11. Rapport de DEA

Halin G. Regroupement de régions sur des images tridimensionnelles Rapport de DEA Rapport CRIN n° 85-R-086 , 1985.

II.12. Thèse

Halin G. Apprentissage pour la recherche interactive et progressive d'images : processus EXPRIM et prototype RIVAGE. Doctorat de l'Université de Nancy I. Soutenue à Nancy le 9 octobre 1989.

Table des matières

Remerciements.....	3
Introduction	9
I. Contexte de la recherche	9
II. Assistance à la conception	10
III. Le domaine d'application : l'architecture.....	10
IV. Les thèmes abordés, plan du mémoire	11
Chapitre 1. La conception, de l'idée à l'objet en passant par le processus.....	13
I. Introduction	13
II. La conception.....	13
II.1. <i>L'objet à concevoir</i>	14
II.1.2. La définition du besoin	14
II.1.3. L'objet dans tous ces états	14
II.1.4. A la quête de l'objet.....	14
II.1.5. Objet et représentation	14
II.1.6. L'abstraction.....	15
II.2. <i>Le processus de conception</i>	16
II.2.1. Processus cognitif de la conception	16
II.2.2. Processus de la conception collective	18
a. Les modèles de coordination	18
b. L'organisation sociale du projet de conception	19
c. L'activité cognitive collective.....	20
III. La conception architecturale.....	21
III.1. <i>Idee guide et création</i>	21
III.2. <i>L'objet à construire</i>	21
III.3. <i>Processus de conception architecturale</i>	22
III.3.1. Les approches scientifiques	22
III.3.2. L'utilisation des références.....	23
III.3.4. La loi MOP	23
III.4. <i>Les représentations et les documents</i>	24
III.5. <i>Les acteurs et la coopération</i>	26
III.6. <i>Le rôle de l'architecte</i>	26
IV. Le logiciel, un objet de conception ?.....	27
IV.1. <i>L'objet à concevoir</i>	27
IV.2. <i>Le processus</i>	28
IV.3. <i>Les modèles et les représentations</i>	29
IV.4. <i>Les acteurs et la coopération</i>	29
IV.5. <i>Conclusion</i>	30
VI. La place de l'outil informatique dans la conception.....	31
VI.1. <i>Les outils d'aide à la conception</i>	31
VI.2. <i>Exemple d'outil d'aide à la conception</i>	32
VII. Conclusion	34
Chapitre 2. Les objets en cours de conception : des objets complexes.....	35
I. Introduction	35
II. Un processus évolutif de la conception technique : arTec.....	35
II.1. <i>Le processus de conception/construction arTec</i>	35
II.1.1. Le niveau volumique.....	36
II.1.2. Le niveau logique.....	36
II.1.3. Le niveau d'élémentisation	36
II.1.4. Modélisation du processus arTec	37

II.2. La spécialisation par alternative comme outil de modélisation	38
II.3. Modélisation du processus arTec par «alternatives»	40
II.4. Expériences et Bilan	41
III. Un modèle d'objets complexes pour l'assistance à la conception	42
III.1. Principes du modèle EMIR	42
III.2 EMIR et la méta-modélisation	42
III.3. Les concepts du méta-modèle EMIR	44
III.3.1 L'objet concret	44
III.3.2. Les catégories	45
III.3.3. Les relations	46
III.4 Définition d'une application	47
IV. Mémoire de la conception : un gestionnaire d'objets complexes	48
IV.1. Une application : le projet Emir/arTec.	48
IV.2. Construction du modèle EMIR/arTec	48
IV.3. Réalisation des objets à partir du modèle	50
IV.4. Bilan de l'expérimentation	51
V. Conclusion	52
Chapitre 3. Les hypermédias pour l'organisation et l'accès à l'information dans l'assistance à la conception	53
I. Introduction	53
II. L'Hypermédia : un objet de conception	53
II.1 L'objet Hypermedia	53
II.1. Le contexte de la conception d'hypermédia	54
III. La méthode proposée	55
III.1. Le contexte : le domaine, les utilisateurs, le produit	55
III.2. La méthode	56
III.3. Les acteurs, le processus	56
III.4. Les modèles	57
III.4.1. Le modèle structurel et médiatique de l'information : les objets de l'information	57
III.4.2. Le modèle navigationnel : les objets du parcours	59
III.4.3. Le modèle de l'interface : les objets de l'interface	60
IV. Application de la méthode	61
IV.1 Les catalogues de produits	61
IV.1.1. Structuration de l'information	61
IV.1.2. Représentation des parcours	62
IV.1.3. L'interface utilisateur	63
IV.2. La gestion de références en phase initiale de conception	63
IV.2.1 Modélisation structurelle et médiatique	64
IV.2.2. Modélisation navigationnelle	64
IV.2.3. L'interface Web de Kaléidoscope	66
V. Conclusion	68
Chapitre 4. L'image comme support à la recherche d'information et à la veille technologique	69
I. Introduction	69
II. Recherche d'informations par l'image	69
II.1 L'image et la conception architecturale	69
II.2. La recherche d'information par l'image	70
II.3 Formulation du besoin en images	71
II.3.1 La recherche d'images par le contenu	71
II.3.2. La recherche sémantique d'images	71
II.3.3 La recherche mixte d'images	72
II.3.4. La méthode retenue	73
a. Le processus de recherche d'images	73

b. La méthode de recherche d'images	73
II.4. <i>La recherche de produit par l'image</i>	74
II.4.1 Les modes d'accès aux bases de produits en ligne	74
a. La recherche libre	74
b. La recherche multi-critères	75
c. La navigation	75
II.4.2 La recherche de produits par l'image	76
a. Les besoins	76
b. Mise en œuvre de la recherche de produits par l'image	76
II.5. <i>La recherche de références par l'image</i>	77
II.5.1 L'assistance à la conception initiale	77
a. Information, connaissance et interprétation	77
b. Système ouvert de références	77
c. Recherche et navigation	77
d. Le résultat d'une recherche : une nouvelle forme de connaissance	77
c. Indexation visuelle	78
II.5.2. La recherche de solutions constructives par l'image	78
a. Les besoins de l'utilisateur	79
b. Construction du vocabulaire	79
c. Validation du vocabulaire	80
III. Veille technologique par l'image	80
III.1 <i>Internet source d'images</i>	80
III.2. <i>Les images du Web</i>	81
III.2.1. La forme des images présentes sur le Web	81
III.2.2 Le contexte des images présentes sur le Web	82
III.3. <i>Pertinence d'une image</i>	83
III.3.1. Pertinence morphologique	83
III.3.2. Pertinence sémiologique	84
III.3.3. Pertinence contextuelle	84
III.4. <i>La méthode réalisée</i>	85
III.4.1 L'extraction des images	85
a. Critères automatisables	85
b. Critères non automatisables	85
c. Le processus d'extraction	86
III.4.2 L'indexation des images	87
a. L'indexation automatique	87
b. Validation des images et des indexations	88
IV. Applications et Expérimentations	89
IV.1. <i>BATIMAGE</i>	89
IV.2 <i>Kaléidoscope</i>	90
IV.2 <i>Wimexbot</i>	91
V. Conclusion et Perspectives	93
Chapitre 5. Vers un modèle d'assistance à la conception coopérative et une vision contextuelle du projet.	95
I. Introduction	95
II. La conception coopérative	95
II.1. <i>Analyse de l'activité humaine</i>	96
II.1.1. Structure d'une activité	96
II.1.2 L'activité collective	97
II.1.3. La conscience de groupe	97
II.2. <i>Analyse des outils de coopération</i>	98
II.2.1 Caractérisation des outils	98
Réunion face à face	99
Mémoire électronique	99

<i>Réunion Virtuelle</i>	99
Coordination permanente	99
II.2.2. Conclusion	102
<i>II.3. La coopération au sein d'un projet architectural</i>	102
II.3.1 Le cadre de la coopération	102
II.3.2 Exemple de coopération, la place Painlevé	104
a. Contexte	104
b. Déroulement	104
c. Analyse de l'expérimentation	105
III. Un Meta-Modèle de coopération orienté «relation»	106
III.1. Objectif du Méta-Modèle	106
III.2. Les concepts principaux du meta-modèle de coopération relationnel	107
III.2.1. Les acteurs	108
III.2.2 Les documents métier	108
III.2.3. Les activités	108
III.2.4 Les relations	109
III.2.5 Le rôle : une relation Acteur-Activité	109
III.3. Application au contexte de la conception architecturale	110
IV. Vers une visualisation contextuelle du projet coopératif	111
IV.1. L'hyperdocument «projet»	111
IV.2 Vision contextuelle du projet	113
IV.3. Navigation dans le projet	114
IV.4. Navigation adaptative	115
V. Applications et Expérimentations	115
V.1. La plate-forme Bat'Group	115
V.2. Expérimentations et Validations	116
VI. Conclusion et Perspectives	119
Conclusion	121
I. Remarques préliminaires	121
II. Eléments de réflexions	121
III. Perspectives envisagées	122
III.1. L'assistance à la recherche d'informations dans le processus de conception	122
III.2 L'assistance à la conception coopérative	123
IV. Cadre de modélisation	124
Références	125
Annexe 1 : Curriculum vitae	131
I. Etat Civil	131
II. Diplômes et études	131
III. Thèse	132
IV. DEA	132
V. Expériences professionnelles	133
Annexe 2 : Activités de recherche	135
I. Synthèse	135
<i>Projet Cacao</i>	135
<i>Projet ConceptImage</i>	135
<i>Projet HYPERCAT</i>	135
<i>Méthode MoHyCan</i>	136
<i>Modèle EMIR</i>	136
<i>Projet EMIR/arTec</i>	136
<i>Projet DOMITEC</i>	136
II. Récapitulatif des programmes de recherche	136

III. Activités Nationales.....	137
IV. Collaborations	137
V. Participation à des comités de programme de conférences	138
VI. Organisation de manifestation.....	138
VII. Distinctions	138
VIII. Logiciels	139
Annexe 3 : Activités d'enseignement.....	141
I. Présentation générale.....	141
II. Descriptif des enseignements.....	141
III. Polycopiés – Support de cours.....	143
IV. Logiciels pédagogiques	144
Annexe 4 : Activités collectives et administratives	145
I. Charges et responsabilités administratives.....	145
II. Activités collectives.....	146
Annexe 5 : Activité d'encadrement.....	147
I. Encadrements de chercheurs	147
I.1. Tableau récapitulatif.....	147
I.2. Encadrements de thèses terminées.....	147
I.3. Encadrements de thèses en cours.....	147
I.4. Encadrements de DEA ou équivalents	147
I.5. Encadrements de thèses CNAM	149
II. Encadrement de moniteurs d'enseignements	149
Annexe 6 : Publications.....	151
I. Tableau récapitulatif.....	151
II. Détails des publications	151
II.1. Publications dans des revues internationales (avec comité de lecture).....	151
II.2. Publications dans des revues nationales (avec comité de lecture).....	151
II.3. Publications dans des ouvrages collectifs	151
II.4. Conférences invitées	152
II.5. Publications dans des conférences internationales (avec comité de lecture).....	152
II.6. Publications à des congrès nationaux (avec comité de lecture).....	155
II.7. Publications à des séminaires.....	155
II.8. Rapports internes.....	156
II.9. Rapports Esprit (programme européen).....	156
II.10. Support de tutoriel.....	156
II.11. Rapport de DEA.....	156
II.12. Thèse	156
Table des matières	157

Résumé

L'assistance à la conception et plus particulièrement l'assistance à la conception architecturale offre un potentiel riche en applications pour de nombreux thèmes de recherche en informatique. Les travaux, présentés dans ce mémoire, concernent plusieurs de ces thèmes. Dans un premier temps, nous présentons le contexte général d'une démarche de conception : l'objet, le processus et les acteurs. Puis, nous nous intéressons à la modélisation des objets en cours de conception et à la prise en compte de leur évolution dans un modèle informatique. Le champ expérimental mis en œuvre dans cette étude a permis de mettre en évidence les limites des modèles à objets face à la représentation d'objets en cours de conception. En considérant l'approche hypermédia comme un moyen souple d'organisation et de recherche d'informations, adapté au processus de conception, nous présentons une méthode de conception d'hypermédia permettant à l'utilisateur-concepteur d'organiser son domaine de compétences afin de le proposer à d'autres concepteurs. Nous illustrons l'utilisation de cette méthode et mettons en évidence ses limites par la présentation de quelques exemples de mise en œuvre. Après avoir fait le constat que l'image occupe une place importante dans la conception architecturale, nous proposons différentes utilisations de celle-ci dans l'assistance à la conception : la recherche d'informations techniques par l'image, la veille technologique par l'image et la recherche de références par l'image. Les expérimentations réalisées permettent d'envisager des extensions quant à la méthode utilisée et aux champs d'investigation considérés. Enfin, afin d'assister certaines activités de conception qui peuvent être collectives, et en considérant la spécificité de l'activité de conception, nous proposons, sous la forme d'un meta-modèle, une représentation du contexte de coopération ainsi qu'une visualisation de ce contexte adaptée à la représentation imagière de l'architecte. Toutes ces approches ont fait l'objet d'applications et d'expérimentations en mettant en œuvre les dernières technologies de l'information.

Mots-clés : conception assistée par ordinateur, objet complexe, hypermédia, recherche d'information par l'image, meta-modélisation, interface homme-machine, conception coopérative, conception architecturale.

Title : Models and tools for design assistance. Application to architectural design.

Abstract

Design assistance and more particularly Architectural design assistance offer a rich potential of applications for many research themes in computer science. The work, presented in this report, concerns several of these themes. At first, we present the general context of a design activity: the object, the process and actors. Then, we put our interest in the problem of modelling the design object during the design process and of taking into account of their evolution in a data model. The experiments realized in this study made it possible to highlight the limits of the object models to represent evolutive objects. By regarding the hypermedia approach as a flexible support for organization and information retrieval, which is adapted to the process of design, we present a design method of hypermedia allowing the user-designer to organize his field of competences in order to propose it to other designers. We illustrate the use of this method and highlight its limits with the presentation of some implementation examples. After having formulated the remark that the image occupies an important place in the architectural design, we present different uses in design assistance: technical information retrieval by image, the technological survey by image and the reference retrieval by image. The experiments realized allow us to consider some extensions about the method used and about the fields of investigation considered. Finally, in order to assist specific activities of design, which can be collective, and by considering the specificity of the activity of design, we propose, in the form of a meta-model, a representation of the cooperation context as well as a visualization of this context adapted to the visual representation of the architect. All these approaches were the subject of applications and experiments by implementing latest information technologies.

Keywords: Computer assisted design, complex object, hypermedia, information retrieval by image, meta-modelling, man-machine interface, cooperative design, architectural design.

Discipline : Informatique

Intitulé et adresse du laboratoire d'accueil :

Centre de Recherche en Architecture et Ingénierie (CRAI) – UMR MAP CNRS N°694
École d'Architecture de Nancy, 2 rue Bastien-Lepage, B.P. 435
54001 Nancy Cedex