

Proposition d'un modèle d'auto-coordination en situation de conception, application au domaine du bâtiment.

Damien Hanser

▶ **To cite this version:**

Damien Hanser. Proposition d'un modèle d'auto-coordination en situation de conception, application au domaine du bâtiment.. Autre. Institut National Polytechnique de Lorraine - INPL, 2003. Français. NNT : . tel-00087063

HAL Id: tel-00087063

https://theses.hal.science/tel-00087063

Submitted on 21 Jul 2006

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

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

Institut National Polytechnique De Lorraine

École Doctorale IAE + M
Département de formation doctorale en Sciences de l'Architecture

Proposition d'un modèle d'auto coordination en situation de conception, application au domaine du bâtiment.

THESE

pour l'obtention du

Doctorat de l'Institut National Polytechnique de Lorraine

Discipline: Sciences de l'Architecture

Présentée et soutenue publiquement
par

Damien HANSER

le 31 octobre 2003

Directeur de Thèse:
M. Jean-Claude Bignon

Composition du Jury :

Rapporteurs :	
M. Gérard Hégron	Professeur à l'Ecole d'Architecture de Nantes et directeur du CERMA UMR CNRS 1536
M. Pierre Leclercq	Professeur à l'Université de Liège 1
Examinateurs :	
Mme. Christine Ferraris	Maître de Conférences en Informatique à l'Université de Savoie
M. Stéphane Hanrot	Architecte et Professeur à l'Ecole d'Architecture de Marseille
M. Jean-Claude Bignon	Architecte et Professeur à l'Ecole d'Architecture de Nancy
M. Gilles Halin	Maître de Conférences en Informatique à l'Université de Nancy 2 (co-directeur)

Remerciements

Ces trois années de travail furent pour moi l'occasion de poursuive une problématique me tenant à cœur depuis mes études d'architecte, je tiens donc à remercier les personnes qui m'ont soutenu et donné les moyens de poursuivre cette recherche et en premier lieu mes proches qui m'ont toujours apporté soutien et réconfort.

Je tiens à remercier vivement mon directeur de thèse, Monsieur Jean-Claude Bignon pour son accueil, ses conseils et la confiance qu'il a su m'accorder.

Je ne saurais trop remercier Monsieur Gilles Halin pour le regard avisé qu'il a porté sur mon travail et l'esprit d'équipe dont il fait preuve au cours de ses recherches.

Je remercie Monsieur Gérard Hégron, Professeur à l'Ecole d'Architecture de Nantes et directeur du Centre de Recherches Méthodologiques en Architecture et Aménagement (CERMA) et Monsieur Pierre Leclercq, Professeur à l'Université de Liège 1 et responsable du laboratoire d'Etudes Méthodologiques Architecturales (LEMA) d'avoir accepté d'être les rapporteurs de mon mémoire de thèse.

Je remercie également Madame Christine Ferraris, responsable de l'équipe Systèmes Communicants (SysCom) à l'Université de Savoie et Monsieur Stéphane Hanrot, Professeur à l'Ecole d'Architecture de Marseille d'avoir accepté de faire partie de mon jury.

Un grand merci aux architectes et professionnels que j'ai eu l'occasion de côtoyer au cours de cette thèse parmi lesquels : David Grandjean, Emmanuel Petit, Thierry Parinaud et les participants au projet Démoweb au contact desquels j'ai pu trouver un terrain d'expérience privilégié.

J'adresse également mes remerciements à Messieurs Claude Godart, Christophe Bouthier et Pascal Molli, membres de l'équipe ECOO du LORIA au côté desquels j'ai eu l'occasion de participer au projet CoCAO.

Merci à Samuel Dalichampt et Sébastien Charles pour l'aide déterminante qu'il m'ont apporté lors du développement informatique des démonstrateurs présentés dans cette thèse. Je leur souhaite beaucoup de réussite dans leurs activités futures.

Merci également aux étudiants et aux membres du CRAI, Olivier, Celso, Salim, Daniel, Annie, Hélène, Alain, Vincent, Sabrina et tous les autres avec qui j'ai eu le plaisir de travailler durant ces trois années.

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

Fait à Nancy, le 15 octobre 2003

Sommaire

Introduction 3

Première partie : Analyse du domaine et formalisation d'une proposition 9

Chapitre 1 L'activité et le groupe en sciences sociales 11
1.1 - La théorie de l'activité 12
1.2 - L'activité et son contexte 16
1.3 - La coopération et l'échange : la communication 21
1.4 - Application : l'activité de conception collective 25

Chapitre 2 Le projet, terrain d'expression de l'activité de groupe 31
2.1 - Le projet, une activité de conception 32
2.2 - Les acteurs du domaine 36
2.3 - Les phases d'un projet de bâtiment 40

Chapitre 3 La coordination dans un projet de bâtiment 47
3.1 - Rapports de prescription et modes de coordination 48
3.2 - Méthodes de gestion de projet 52
3.3 - Méthodes de planification 55
3.4 - Vecteurs de communication 57
3.5 - Exemple de modes d'interactions au cours d'un projet 63

Chapitre 4 Un méta-modèle de coopération orienté 'relations' 67
4.1 - Pré-requis concernant la 'modélisation conceptuelle' 68
4.2 - Exemples de méta-modèles existants orientés 'processus' ou 'règle' 77
4.3 - Proposition d'un méta-modèle orienté 'relations' 84
4.4 - Conclusion de la première partie 89

Seconde partie : Instrumenter les pratiques, spécification d'un collecticiel adapté au domaine du bâtiment 91

Chapitre 5 Une infrastructure permettant de supporter l'activité de conception 93
5.1 - Typologies d'outils et espaces fonctionnels 94
5.2 - Collecticiel et régulation de l'activité 99
5.3 - Confrontation avec le domaine de la conception d'ouvrages bâtis 103
5.4 - Expérimentations dans un contexte de conception 109
5.5 - Visualiser le contexte : un pas vers l'auto-coordination 118

Chapitre 6 Une application du méta-modèle de coopération 125
6.1 - Proposition d'un modèle adapté au secteur du bâtiment 126
6.2 - Réalisation d'un outil basé sur le modèle proposé 132
6.3 - Mise en œuvre des interfaces 141
6.4 - Interactivité 148

Chapitre 7 Évaluation 155
7.1 - Validation de la conformité du modèle 156
7.2 - Vérification de la cohérence du modèle 160
7.3 - Validation de la représentation contextuelle 166
7.4 - Conclusions tirées de ces expérimentations 170

Conclusion 173

Liste des références bibliographiques 177

Annexes 187

Table des matières 204

Liste des illustrations 208

Liste des tableaux 210

Introduction

Nous assistons depuis quelques années à un essor des technologies numériques offrant aux entreprises des possibilités d'intégration et de capitalisation de la connaissance dépassant bien souvent l'imagination de nos contemporains. Les nouveaux moyens de communication permettent désormais de s'affranchir des notions de temps et d'espace en favorisant l'échange synchrone et asynchrone des données appartenant à une communauté d'utilisateurs de systèmes appelés 'collecticiels' ou encore 'groupwares'.

Dans le domaine de l'industrie, l'informatique a pris une telle importance qu'il serait difficile d'imaginer un retour en arrière. Comme l'évoque Nicholas Négroponte, fondateur du MediaLAB au Massachussets Institute of Technology (MIT) « *le numérique donne de bonnes raisons d'être optimiste. Telle une force de la nature, l'ère numérique ne peut être ni niée ni arrêtée. Elle possède quatre qualités essentielles qui vont lui permettre de triompher : c'est une force décentralisatrice, mondialisatrice, harmonisatrice et fondatrice de pouvoir* » [Negroponte 1995]. L'optimisme triomphal affiché par Négroponte semble ne pas suffire pour rassurer l'utilisateur quotidien, à la fois désemparé face à la volatilité des supports numériques et bien souvent sceptique quant à l'apport réel des nouvelles technologies dans son travail quotidien. Dès lors qu'un document est réalisé sur un support numérique, celui-ci est susceptible d'être reproduit, diffusé, mais il est aussi susceptible d'être altéré, perdu, ou encore … volé. Les critiques et les lieux communs à l'encontre de l'informatique fusent de toutes parts, dénonçant tour à tour la complexité, l'incompatibilité généralisée des supports et des applications, les défaillances, à tel point que la question de la confiance accordée au support numérique semble être un des enjeux majeurs que devra relever l'informatique dans les années à venir.

Les bénéfices offerts par les Nouvelles Technologies de l'Information et de la Communication (NTIC) restent cependant très positifs, notamment en ce qui concerne le champ de la gestion d'un travail collectif. Dans ce domaine, l'apport des collecticiels n'est plus à démontrer en tant que support à la collaboration, voire la coopération d'équipes de travail. L'application au domaine du bâtiment de

ces méthodes mises en œuvre dans l'industrie et les services ne peut se faire sans prendre en compte les caractères particuliers de ce secteur d'activité.

Le secteur du bâtiment est spécifique à plusieurs titres : par son étendue et son importance économique[1], par son ancrage très fort dans le 'faire', par la grande importance laissée à l'oral et par l'immense diversité des cultures mobilisées sur un projet. En effet, chaque projet rassemble sur une courte période, l'ensemble des personnes intéressées (concepteurs, constructeurs, usagers, …) par l'ouvrage bâti. Il résulte de ces particularités une quantité de situations allant de l'ingénierie de pointe à l'artisanat, dans sa forme la plus belle mais aussi la plus traditionnelle, bien loin des préoccupations décrites dans ce mémoire. Il nous appartiendra donc de bien cadrer l'étendue des situations que nous proposons d'instrumenter. L'application de l'outil informatique comme outil d'aide à la coordination est aujourd'hui courante sur les chantiers de grande envergure (d'un montant supérieur à quelques millions d'euros), alors qu'il reste marginal dans des projets plus modestes mais également plus nombreux, ne permettant pas la mise en place d'acteurs chargés de la gestion de l'outil.

La relative jeunesse des sciences informatiques face à la tradition séculaire rencontrée dans le domaine du bâtiment, invite à démontrer les apports des technologies d'assistance au travail coopératif dans le quotidien des partenaires d'une opération de construction.

Contexte de l'étude et problématique générale

Ce travail de thèse a été effectué au sein du Centre de Recherche en Architecture et Ingénierie (CRAI), sous la direction de M. Jean-Claude Bignon et de M. Gilles Halin. Il se place dans la continuité de la thèse d'Olivier Malcurat, soutenue en novembre 2001, et s'inscrit plus largement dans les travaux entrepris au CRAI dans le domaine de l'ingénierie de la connaissance avec le projet CoCAO (Co Conception Assistée par Ordinateur), démarré en 1998 et réalisé en partenariat avec l'équipe ECOO (Environnements pour la COOpération) du LORIA (Laboratoire Lorrain de Recherche en Informatique et ses Applications).

Les travaux proposés dans [Malcurat 2001] ont contribué à dresser un état de l'art des collecticiels et ont mis en évidence les points suivants :

- Les outils actuellement proposés semblent ne pas être adaptés au domaine du bâtiment ;
- Les interactions apparaissant au cours de la conception d'un bâtiment ne peuvent être planifiées avec précision ;
- La transposition au domaine du bâtiment, de modèles et d'outils provenant de l'industrie ne peut se faire sans une identification précise des rapports sociaux et des pratiques d'échange ayant cours lors de la conception collective d'un ouvrage bâti ;
- La réponse aux problèmes d'interopérabilité rencontrés passe par la mise en œuvre d'un modèle d'échange commun.

Cette recherche a constitué une première étape dans la définition des méthodes et des outils permettant de supporter une activité de conception collective. Il nous appartient désormais d'explorer ces directions afin de cerner les caractéristiques propres à la conception d'ouvrages bâtis, puis de proposer un modèle capable de décrire de telles situations et enfin d'en réaliser une implémentation

[1] En 1996, le secteur du bâtiment générait un chiffre d'affaires supérieur à 100 milliards d'euros dépassant celui de l'armement et de l'automobile réunis [Midler 1996].

dans un outil prototype. Ce dernier permettra d'entreprendre les expérimentations nécessaires à la validation des concepts proposés dans nos travaux.

La démarche que nous avons suivi a été dans un premier temps de mettre en relation les concepts appartenant au domaine du bâtiment, avec des concepts provenant d'autres disciplines afin de proposer un modèle de coopération capable d'exprimer, dans un formalisme standardisé, les situations d'interaction rencontrées au cours de la conception d'ouvrages bâtis. Dans un second temps, notre objectif a été transposer ce modèle dans un outil d'aide à la décision permettant aux concepteurs de répartir leurs actions et de partager la connaissance liée au projet. Nous avons ainsi recherché les moyens de renforcer la connaissance du contexte correspondant à chaque nouveau projet afin que les acteurs puissent en identifier à la fois l'état et la dynamique. La proposition avancée dans cette thèse est de créer une interface utilisateur (IHM) exprimant les relations décrites dans notre modèle, afin de favoriser l'émergence d'une coordination spontanée de la part des acteurs. La mise en œuvre de cette proposition dans un prototype utilise un système de graphes hypermédia pour offrir une vision contextuelle des projets en cours de réalisation. Cet outil permettra de mettre en place une expérimentation impliquant des praticiens afin d'éprouver les postulats que nous avons pu formuler.

Centrés sur le groupe, les collecticiels ne peuvent se réduire à des facteurs techniques ou technologiques[2] mais portent de nombreux enjeux sociologiques, organisationnels et humains. Pour atteindre notre objectif, il est nécessaire de nous positionner au confluent de plusieurs domaines, tels que les sciences sociales, le travail collaboratif assisté par ordinateur et la conception architecturale. Nous chercherons à bénéficier de l'expertise des nombreux développements existant dans le domaine informatique, tout en impliquant largement les futurs utilisateurs dans le processus de conception de l'outil [Bannon 1991]. Un collecticiel doit permettre à ses utilisateurs de synchroniser et de réguler leur activité. Ceci peut être réalisé principalement selon deux modes : en définissant un processus à suivre lors de l'exécution du travail collectif ou en constituant une '*conscience de groupe*' propice à la coopération. Si le premier mode de coordination est aujourd'hui bien connu[3] et adapté à la gestion de chantier, le second demeure l'objet de recherches et n'a pas encore vu d'application à notre domaine alors qu'il semble être particulièrement adapté à des situations impliquant des groupes hétérogènes et dispersés tels que nous les retrouvons dans la conception architecturale. Notre propos sera de déterminer de quelle manière l'outil pourra favoriser ce que Midler appelle une « *conversation avec la situation* » [Midler 1996 p.67]. L'apport de notre proposition va consister à :

- Replacer le projet architectural dans le cadre général des théories sociales et des méthodes de coordination ;
- Mettre en correspondance les concepts provenant des différents domaines que nous avons eu l'occasion d'explorer ;
- Définir un modèle de coopération interopérable, pouvant s'inscrire dans un contexte métier hétérogène et capable de décrire les situations interactives que nous rencontrons ;
- Instancier ce modèle dans un outil apte à supporter l'auto-coordination de concepteurs participant à un projet de bâtiment.

[2] L'augmentation de la performance des ordinateurs et l'accroissement du débit des réseaux n'ont eu pour l'instant que peu de répercussions sur l'utilisation de l'outil informatique dans notre domaine.
[3] Par exemple : plateformes de workflow, gestion des approvisionnements d'un chantier.

Plan de ce mémoire

Les chapitres de ce mémoire sont organisés suivant deux axes principaux. Le premier, constitué des chapitres un à quatre, a pour objectif de caractériser la situation à laquelle nous devons faire face au cours de la conception d'un bâtiment.

- Le chapitre 1 est consacré à la présentation des théories qui nous serviront de base pour la définition des modes d'interaction et des rapports sociaux propres au domaine du bâtiment. Notre analyse se porte notamment sur la théorie de l'activité, largement invoquée par les concepteurs d'outils de TCAO. La compréhension de ces théories et leur mise en perspective dans le contexte de la conception nous permet de mieux entrevoir les parallèles possibles entre les développements proposés dans le domaine industriel et notre cadre d'application.
- Le chapitre 2 poursuit l'analyse en définissant le terme de projet puis en montrant les acteurs et les activités constituant un projet d'ouvrage bâti.
- Le chapitre 3 présente les moyens permettant aux concepteurs de coordonner leurs actions respectives. Nous présentons dans ce chapitre, en premier lieu, les méthodes puis les vecteurs permettant de propager la coordination. Enfin, nous revenons sur les concepts avancés en dressant une grille d'analyse des situations d'interaction que nous illustrons par un projet courant de maîtrise d'œuvre.
- Le chapitre 4 finalise l'analyse du domaine en présentant un modèle conceptuel des situations d'interaction fondé sur l'expression des relations qui apparaissent au sein d'un projet. Le parti pris lors de la conception de ce modèle a été de nous ouvrir vers les méthodes en cours dans l'ingénierie informatique afin de permettre l'instauration d'un dialogue entre nos domaines respectifs. Pour réaliser cela, nous avons choisi de nous rapprocher de l'architecture de modélisation en couches recommandée par l'Object Management Group (OMG) à travers le Meta Object Facility (MOF). Ceci nous a permis de renforcer à la fois l'interopérabilité et la lisibilité de notre modèle. Provenant de l'analyse de situations d'interaction non spécifiques au bâtiment, le modèle proposé dans ce chapitre reste suffisamment généraliste pour permettre diverses applications.

Le second axe décrit dans ce mémoire concerne l'instrumentation des pratiques de conception à travers un collecticiel dédié à la conception coopérative et se compose des chapitres cinq à sept.

- Le chapitre 5 décrit les différentes typologies d'outils à travers les travaux récemment menés dans le domaine du TCAO, puis les met en relation avec des expérimentations menées au contact de professionnels tout au long des trois années nécessaires à la constitution de ce mémoire. Nous clôturons ce chapitre par la proposition d'un mode de structuration et de présentation de l'information qui nous semble propice à favoriser l'émergence de coordination.
- Le chapitre 6 traite de l'application de notre modèle dans un outil destiné à supporter la coordination d'acteurs en situation de conception. Il montre une instanciation de notre modèle dans le cadre de la maîtrise d'œuvre de projets de taille moyenne et décrit la conception de deux démonstrateurs destinés à vérifier l'apport du mode de structuration présenté au chapitre précédent.
- Le chapitre 7 fait état d'éléments permettant de mettre à l'épreuve le modèle et la représentation qui en est proposée. La compatibilité de la structure du modèle avec le standard MOF est vérifiée par la saisie du modèle dans un outil de modélisation dédié : RAM3 (Rapid Manipulation of Mof Metadata). Compte tenu de la complexité inhérente à la mise en œuvre d'une expérimentation dont les résultats seraient démonstratifs en terme qualitatif, nous proposons une validation de la représentation proposée par la simulation des situations rencontrées au cours des expériences décrites au chapitre 5. Ces éléments se trouvent complétés par un ensemble de tests effectués par des praticiens et dont nous tirons des perspectives pour ce système.

Le travail présenté dans cette thèse est orienté vers l'adaptation des collecticiels au domaine de l'architecture et du BTP, nous ne prétendrons donc pas porter un point de vue exhaustif sur le

domaine des collecticiels. L'apport de cette recherche est de préciser les travaux entrepris au CRAI depuis quelques années en proposant un modèle intégrant la coordination à base de requêtes, puis d'en proposer une application permettant sa mise en situation au cours d'un projet. Les études que nous avons menées au cours de ces trois années ont permis de mettre en œuvre un démonstrateur intégrant les concepts proposés par Olivier Malcurat, et offrant une vision alternative du contexte de projet par l'utilisation d'une structure à base de graphe hypermédia.

Première partie : Analyse du domaine et formalisation d'une proposition

L'objectif de cette première partie est de parvenir à isoler un modèle conceptuel représentant la coopération d'acteurs en situation de conception. La démarche suivie au cours de cette partie est de parvenir à une définition de l'activité, puis de déterminer les spécificités d'une activité de conception. Nous faisons ensuite le point sur la notion de projet (unité structurante de notre secteur) et sur les outils méthodologiques dont disposent actuellement les intervenants de notre filière. Enfin, nous terminerons cette partie par la proposition d'un modèle conceptuel répondant aux modes d'interaction définis au cours des trois premiers chapitres de cette thèse.

Chapitre 1

L'ACTIVITE ET LE GROUPE EN SCIENCES SOCIALES

La recherche dont fait état cette thèse se place dans la problématique générale de l'instrumentation des pratiques coopératives dans un contexte de conception d'ouvrages bâtis. Nous explorons plus spécifiquement le champ de l'assistance informatisée à une collectivité de concepteurs qui participent à un même projet. Avant de tenter une transposition des théories avancées dans le domaine du Travail Coopératif Assisté par Ordinateur (TCAO), il convient de revenir sur les rapports entretenus entre sciences sociales et informatisation des relations entre utilisateurs d'un système dit 'coopératif ou collaboratif'. L'intérêt porté par la communauté informatique aux sciences sociales semble lié aux critiques croissantes faites à l'encontre du mode de conception utilisé dans les années 1980 [Bannon 1991]. Les préoccupations des concepteurs se tournent alors vers l'utilisateur et les rapports que celui-ci entretient avec son contexte d'action afin d'entreprendre une réflexion de fond sur la nature de l'assistance informatisée au travail coopératif [Bannon et Schmidt 1989]. Parmi les différents courants émergeant depuis deux décennies dans le domaine du TCAO [Bratteteig et Gregory 2001], il semble possible d'isoler quatre types de démarches :

- Basées sur la théorie de l'activité, elle-même héritée de la psychologie comportementale russe. Elle est principalement mise en œuvre afin de décrire les interactions entre acteurs coopérant ou collaborant au cours d'une activité commune [Bardram 1997 , 1998 ; Kuutti 1991].
- Basées sur la théorie de la structuration de Giddens, et proposant une analyse fondée sur les rapports hiérarchiques entre individus [Giddens 1990 ; Orlikowski 1992 ; Scheepers et Damsgaard 1997].
- Basées sur la théorie des réseaux d'acteurs, analysant les chaînes de représentation et l'historique des échanges ayant lieu entre acteurs d'un système [Berg 1997 ; Hanseth et Monteiro 1997].
- Basées sur la théorie de l'interaction (ou action située), détaillant les mécanismes d'interaction et d'articulation des activités individuelles au cours d'un travail collaboratif [Carstensen et Sørensen 1996 ; Schmidt et Simone 1996 ; Suchman 1987].

Ce chapitre sera pour nous l'occasion de faire le point sur ces théories, en nous focalisant toutefois sur la théorie de l'activité et la théorie de l'action située qui trouvent un écho grandissant dans la communauté informatique.

1.1 - La théorie de l'activité

L'origine de la théorie de l'activité est l'analyse des processus d'apprentissage au travers des relations entretenues entre un sujet et son environnement, elle définit principalement les concepts d'activité, d'action et d'opération. Cette théorie a reçu une large audience ces dernières années dans le domaine des sciences sociales, de l'anthropologie ou encore de l'enseignement. Le modèle conceptuel introduit par cette théorie n'a pas manqué d'attirer l'attention des informaticiens occupés à définir une structuration rationnelle de la conception d'interfaces homme-machine. L'application la plus connue de cette théorie au domaine du TCAO est le modèle systémique développé par Kuutti et Engeström, dont nous allons reprendre les axes principaux. Ce modèle a largement été mis à contribution pour la création de collecticiels ou pour la définition d'outils de gestion de flux de production (workflows).

1.1.1 - Les origines

> *« Activity theory has long historical roots that are quite unfamiliar to most Anglo-American readers. The oldest background tradition (the eighteenth- and nineteenth-century classical German philosophy, from Kant to Hegel) has remained distant because it opposed the emerging British empiricism. The classical German philosophy emphasized both developmental and historical ideas and the active and constructive role of humans. Another root consists of the writings of Marx and Engels, who elaborated the concept of activity further. The third source is the Soviet cultural-historical psychology which has been already cited above » [Kuutti 1996 p.25], Cité dans [Decortis et al. 1996].*

On trouve pour la première fois mention d'une théorie de l'activité dans la psychologie historico-culturelle russe du début du XX^{e} siècle. Cette école de pensée est incarnée principalement par le

psychologue Lev Vygotsky (1896-1934), dont la théorie du développement, héritée des traditions sociales marxistes, porte sur la définition des processus d'apprentissage humain. Grégori et Brassac [Grégori et Brassac 2001 p.25] nous rappellent, en citant Cole et Scribner, que les processus décrits par Vygotsky ne concernent pas uniquement la psychologie de l'enfant [Cole et Scribner 1978]. Le 'développement' décrit par Vygotsky est avant tout centré sur la dynamique de l'activité humaine, ce qui rend pertinent son utilisation en psychologie du travail. L'approche qu'il donne du développement cognitif est principalement sociale et fait l'hypothèse que l'action d'un sujet ne peut être séparée du contexte dans lequel évolue celui-ci [Wertsch 1991 p.18]. Ainsi, la relation d'un acteur à son environnement s'exprime au sein d'activités dont le contexte est fondamental pour leur compréhension.

Les années 1930 marquent un tournant dans l'histoire du concept d'activité lorsque Leontiev met en avant le concept d'action par rapport à celui de signe dans la médiation de l'activité [Decortis et al. 1996]. La recherche sur la théorie de l'activité est restée pendant longtemps l'apanage de la psychologie russe, ce n'est qu'en 1981 lors de la publication par James Wertsch de l'ouvrage « *The Concept of Activity in Soviet Psychology »* que l'attention des psychologues occidentaux est attirée sur cette problématique [Wertsch 1981].

C'est donc à partir des années 1980 et l'application aux interfaces homme-machine (entre autres) que la théorie de l'activité va connaître nombre de développements en Occident. La théorie de l'activité correspond aujourd'hui à un courant de pensée commun à plusieurs disciplines orientées vers l'analyse des protocoles sociaux et de développement humain. De nombreuses théories psychologiques utilisent l'action comme unité d'analyse. Lorsque l'on considère des situations réelles, le concept d'action permet difficilement la description du contexte, la solution proposée par la théorie de l'activité permet de conserver un contexte minimal dans chaque unité d'analyse : l'activité (« *An activity is the minimum meaningful context for understanding individual actions* » [Kuutti 1996 p.28]). La théorie de l'action située, soutenue par Suchman, confirme la prédominance du contexte présenté dans la théorie de l'activité.

> *« The view, that purposeful action is determined by plans, is deeply rooted in the Western human sciences as the correct model of the rational actor. The logical form of plans makes them attractive for the purpose of constructing a computational model of action, to the extent that for those fields devoted to what is now called cognitive science, the analysis and synthesis of plans effectively constitutes the study of action », [Suchman 1987].*

Suchman montre que toute action dépend du contexte matériel et social dans lequel évolue le sujet. L'approche préconisée par les théoriciens de l'action située est de comprendre comment un acteur parvient à ajuster son action au contexte existant par l'étude de situations particulières.

> *« Les actions sont toujours socialement et physiquement situées, et la situation est essentielle à l'interprétation de l'action. Par situation, on doit entendre un complexe de ressources et de contraintes, qui peuvent toutes le cas échéant jouer un rôle significatif*

sans pour autant que ce rôle soit nécessairement réductible à un jeu de représentations mentales préalablement objectivées dans les appareils cognitifs. » [Visetti 1989].

Replacer l'activité d'un groupe de sujets dans son contexte montre que les activités ne sont ni rigides ni statiques, elles demeurent en perpétuelle redéfinition et développement, une activité prend forme au fur et à mesure qu'elle est réalisée. Nous reviendrons sur ce point lorsque nous définirons la tâche comme étant la prescription d'une activité future.

1.1.2 - Activité, action et opération

Leontiev, disciple de Vygotsky, a proposé une évolution de la théorie de l'activité centrée sur l'individu. L'apport principal de cette théorie est l'identification de trois concepts [Leontiev 1978 p.66] étroitement liés : l'***activité***, l'***action*** et l'***opération***. L'étude de cette répartition nous permettra, dans les chapitres suivants, de définir les activités, les actions et les opérations caractéristiques de notre domaine et d'en proposer une instrumentation.

La réalisation d'une activité se déroule sur un temps plus ou moins long, celle-ci est guidée par un objectif que le sujet désire atteindre. D'un point de vue systémique, une activité est la transformation d'un objet au cours d'un processus comportant un certain nombre d'étapes ou de phases. Selon ce principe, l'activité est réalisée par des actions ou des chaînes d'actions qui comportent des opérations (Figure 1). L'activité est donc réalisée au cours d'actions individuelles ou coopératives, organisées en séquence ou en réseau et guidées par la même motivation. La définition donnée par Leontiev montre que l'action est la traduction dans le domaine physique d'une représentation mentale consciente du résultat devant être obtenu ; l'opération, quant à elle, est d'un niveau inconscient (marcher ou passer une vitesse ont le statut d'opération).

Activité	*Objectif*
Action	*Motivation - but*
Opération	*Réalisée de manière inconsciente*

Figure 1: Les niveaux hiérarchiques de l'activité selon Kuutti.

Une activité peut être réalisée en utilisant différentes actions en fonction de la situation : le processus d'élaboration d'un bâtiment va, par exemple, se dérouler différemment en fonction du type de maîtrise d'ouvrage (publique ou privée), du terrain (mitoyenneté, pente, etc.) ou de l'étendue du budget alloué à la construction. De même, une action peut servir plusieurs activités, par exemple : l'action de dessiner en utilisant un outil de CAO peut servir à concevoir de nombreux types d'ouvrages appartenant à des domaines très divers (mécanique, architecture, …). La compréhension d'une action dépend d'un ensemble de références créées par l'activité dans laquelle s'inscrit cette

action. Les actions sont réalisées au travers d'opérations, enchaînées de manière habituelle et répondant aux conditions rencontrées au cours de la réalisation de l'action.

Une phase de planification mentale précède toujours la réalisation d'une action, cette planification utilise un 'modèle' de l'action à effectuer. Galperine identifie trois processus conscients mis en œuvre lors de la réalisation d'une action : l'***orientation***, l'***exécution*** et le ***contrôle*** [Galperine 1966].

- L'orientation consiste en l'évaluation des opérations nécessaires et leur planification. L'analyse des conditions permet au sujet de se former une image mentale du processus de réalisation (modèle d'exécution) ;
- L'exécution consiste en la transformation des objets symboliques ou concrets de l'action ;
- Le contrôle permet au sujet de déterminer si les objectifs de l'action ont été atteints et si les conditions d'exécution sont respectées.

Le découpage opéré par le sujet entre activité, action et opération est fortement dépendant des processus d'apprentissage. Dans un premier temps, face à une situation nouvelle, chaque opération est une action consciente, découpée en phases d'orientation et d'exécution. Lorsque le sujet a pu constituer un modèle acceptable de l'activité et que les actions correspondantes ont été suffisamment répétées, la phase d'orientation va s'arrêter et les actions vont être transformées en opérations.

On peut donc dire que l'acteur opère un 'changement d'échelle' constant en considérant la suite d'opérations dans sa globalité puis en détaillant les actions qui lui sont inconnues (Figure 2) et en reprenant du recul une fois les processus bien assimilés.

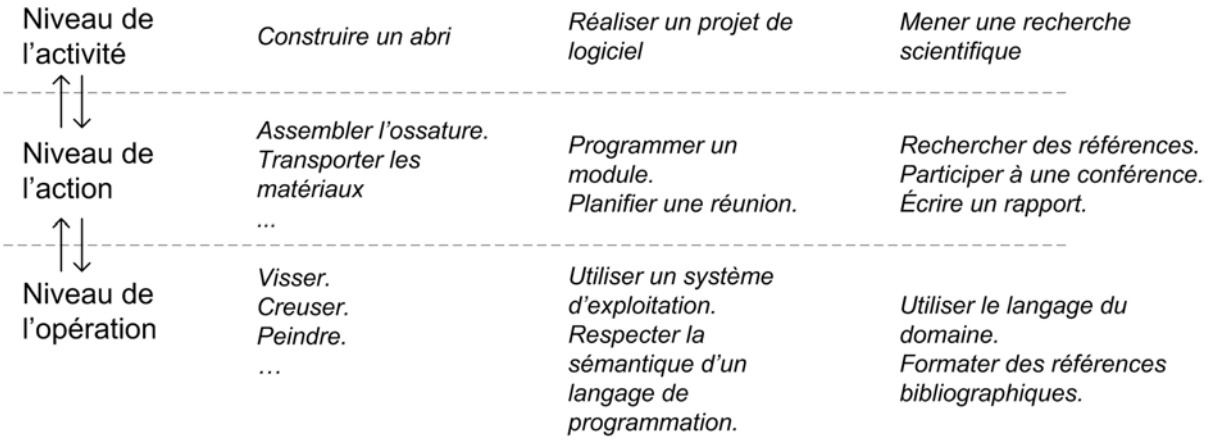


Figure 2 : Exemples d'activités, d'actions et d'opérations[4].

La limite entre activité, action et opération est par conséquent assez difficile à cerner. De même, une action peut être divisée en une série de sous-actions et un objectif peut être divisé en une série de sous-objectifs [Davydov *et al.* 1983 p.36]. La réalisation d'un projet de bâtiment peut en être un exemple parlant : l'objectif principal qui est l'édification du bâtiment est divisé en une série de sous-objectifs pouvant être l'obtention du permis de construire, la réduction des coûts, etc.

[4] Illustration réalisée d'après [Kuutti 1996 p.33].

La dynamique existant entre activité, action et opération est une caractéristique fondamentale du développement humain, cette caractéristique rend difficile une définition précise de ces trois niveaux, la limite entre chacun de ces trois concepts demeurant floue. La répartition entre ces trois niveaux dépendra donc du sujet et de son contexte d'évolution.

1.2 - L'activité et son contexte

Pour Vygotsky ou encore Piaget, la confrontation de l'individu au social est principalement relationnelle [Andreassen 2000 ; Cole et Wertsch 1996]. Cette relation se faisant sur deux plans, l'un physique et l'autre mental. Vygotsky et Leontiev ont été les premiers à qualifier l'interaction entre un sujet et son environnement par le terme de ***médiatisation***.

> *« Marx described this process for tools as that "which the labourer interposes between himself and the subject of his labour" (Kapital). Vygotsky extended the idea of mediation to psychological tools with his idea of 'sign systems', such as speech, pointing, writing. In either case the person is no longer reacting directly to the world, as an animal does, but via these intermediaries. The artefacts involved in an activity therefore mediate between the elements of it: "... for example an instrument mediates between an actor and the object of doing; the object is seen and manipulated not "as such" but within the limitations set by the instrument» [Engeström 1991].*

1.2.1 - Le processus d'appropriation et de médiatisation

Dans la description du processus d'apprentissage Leontiev montre que le sujet internalise son environnement en créant une image mentale de celui-ci [Leontiev 1981]. Ainsi, l'activité mentale est une ***appropriation***, une ***internalisation*** de l'activité externe. C'est ce processus d'internalisation que la plupart des auteurs, spécialisés dans la cognition, décrivent sous le terme de ***médiatisation*** [Zinchenko 1996]. Ce processus d'internalisation est réalisé par la construction d'***artéfacts*** permettant de médiatiser l'interaction du sujet et de son environnement afin d'agir sur un ***objet***. Il faut également noter que la théorie de l'activité rejette l'idée d'un esprit isolé et indépendant de la réalité physique comme le rappelle A. R. Luria[5] en indiquant que « *les processus cognitifs ne sont jamais des 'capacités' indépendantes et figées, ni des 'fonctions' de la conscience humaine. Ils sont des processus apparaissant dans des activités concrètes, se bornant aux limites de cette activité* ». Leontiev note que « *les processus mentaux d'un acteur ont une structure obligatoirement liée aux modes et aux moyens qui lui sont transmis par d'autres au cours du travail d'équipe et des relations sociales* » (cité dans [Kuutti 1996 p.33]).

[5] Luria fait partie des fondateurs de l'école historico-culturelle russe, parfois appelée "Vygotsky-Leont'ev-Luria school" [Davydov et Radzikhovskii 1985].

Engeström a permis d'expliciter ces phénomènes de médiatisation en remplaçant les relations binaires identifiées jusqu'alors entre les composants de l'activité par le concept de ***relation médiatisée*** [Cole et Engeström 1993 ; Engeström 1990]. La relation entre le sujet et l'objet d'une activité est médiatisée par un ***artéfact***, qui peut être un instrument, un outil ou encore l'objet d'une autre activité.

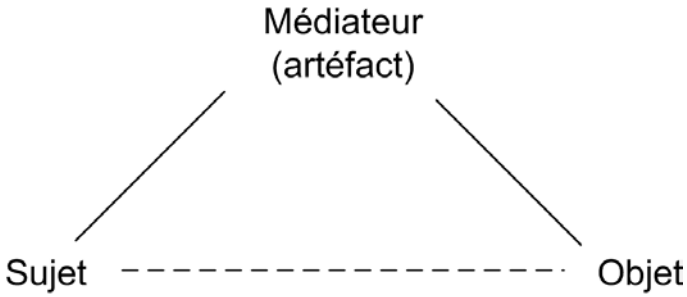


Figure 3 : Structure d'une activité d'après Engeström.

1.2.2 - L'aspect collectif

Engeström a transposé la théorie de l'activité 'individuelle' aux activités collectives, prenant cette fois en compte la médiatisation entre plusieurs sujets. Engeström [Engeström 1990] définit à cette occasion de nouveaux concepts tels que : la ***communauté***, la ***règle*** et la ***division du travail*** (Figure 4).

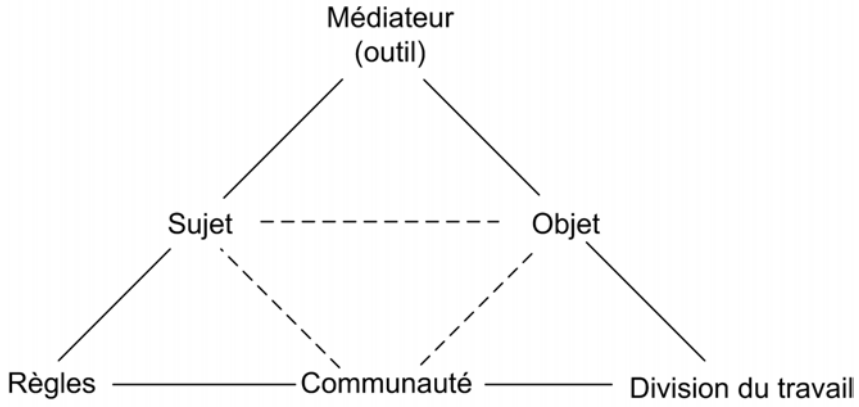


Figure 4 : Structure basique de l'activité collective d'après Engeström.

Comme nous l'a montré Kuutti, l'activité est en recomposition constante. Ainsi, au cours de la réalisation d'une activité, les artéfacts médiatisant les relations entre le sujet, la communauté et l'objet se trouvent en restructuration permanente dans un processus de développement discontinu. Pour illustrer cette affirmation, suivons l'exemple suivant [6]:

[6] Cet exemple se base sur la description faite par Kari Kuutti dans [Kuutti et Arvonen 1992 p.236].

« Les acteurs participent généralement à de nombreuses activités en parallèle dans leur milieu socio-professionnel. Un projet d'audit des pratiques professionnelles des membres d'une entreprise peut être considéré comme une activité. Cette activité a un sujet collectif (le groupe des auditeurs) qui utilise une méthodologie d'audit en tant qu'artéfact leur permettant de transformer l'objet de leur activité (les pratiques professionnelles en place). Ceci est donc une communauté qui partage un objet. Ce partage est opéré au travers de règles permettant de contrôler les interactions entre un sujet et la communauté : des procédures administratives, les savoir-faire de l'équipe, etc. Il existe également une certaine division du travail entre les sujets qui est matérialisée par les capacités de chacun, les rôles, etc.

Au même moment, il existe une autre activité dont le sujet est le responsable de l'équipe d'audit. Les artéfacts utilisés par le responsable sont des outils de gestion de projet, l'objet est le processus d'audit et son parfait achèvement. La communauté comprend ici les membres du groupe d'audit et possède à nouveau des règles et une division du travail.

Nous pouvons imaginer une troisième activité dont le sujet est le directeur de l'entreprise cliente pour qui la procédure d'audit est un artéfact permettant d'améliorer la capacité productive de son entreprise. »

Dans une situation réelle, il existe donc toujours un réseau d'activités interconnectées, chacune attachée à son objectif respectif. La participation à des activités possédant des objectifs différents peut aboutir à des tensions et des distorsions dans le cas où certains objectifs entreraient en compétition.

De même, la notion d'activité ou de communauté est très largement dépendante du point de vue que l'on adopte pour l'analyse d'une communauté : dans une entreprise il serait logique de représenter une unité organisationnelle par une communauté partageant un même objectif. Dans le cadre d'une organisation hiérarchique, seul le responsable de l'unité organisationnelle est 'actif' au sens de la théorie de l'activité car il utilise son unité pour parvenir à l'objectif qu'il s'est fixé, le reste de la communauté adopte une posture passive, exécutant des 'ordres'. Seul le groupe de sujets actifs partageant un objet a une valeur significative du point de vue de la théorie de l'activité. Dans la suite de ce document nous appellerons ***acteurs***, les sujets actifs d'une activité. La mise en évidence de cette nuance concernant le mode de participation à une activé a conduit Kuutti à considérer l'expression du découpage et des règles sociales par la notion de rôles offrant différents niveaux d'opérationnalité à leur propriétaire.

1.2.3 - Les règles communautaires : rôle et potentiel d'action

L'appartenance à une communauté passe par l'adoption, par le sujet, de codes et de règles sociales propres au groupe considéré. Selon Engeström, les ***règles*** sont les artéfacts permettant de médiatiser la relation entre le sujet et la communauté et couvrent à la fois des aspects explicites et implicites. La

communauté désignée par Engeström est à considérer au sens large, elle représente l'ensemble des sujets participant à une activité telle qu'elle est définie au paragraphe précédent.

Les règles explicites sont les lois, les normes, ou encore les contrats passés entre des acteurs qui décrivent de manière précise la place et le rôle de chacun. Les règles implicites sont de l'ordre des conventions sociales, elles sont liées à la connaissance, l'apprentissage social du sujet (la politesse, le respect de la hiérarchie, etc.). Nous verrons plus loin que ces deux types de règles induisent deux types de coordination : l'une explicite, liée à la réalisation d'une tâche commandée, et l'autre implicite, initiée spontanément par un sujet.

Les règles propres à une communauté définissent un ***rôle*** attribué à chaque sujet participant à l'activité, ce rôle va conditionner la manière dont vont pouvoir agir les sujets impliqués dans une activité, nous appellerons ***potentiel d'action*** cet ensemble de conditions. Le rôle et le potentiel d'action vont se matérialiser par la manière dont les acteurs vont accéder aux artéfacts nécessaires à la réalisation de l'activité. Kuutti a identifié trois familles de rôles liés aux règles explicites et a déterminé l'étendue du potentiel d'action y étant associé :

- Les rôles passifs ne laissent aucune initiative aux acteurs, l'utilisation d'artéfacts se fait de manière prédéterminée. Par exemple, un opérateur ou un manœuvre sur un chantier exécutent des directives ou des procédures préétablies et irrévocables.
- Les rôles actifs permettent aux acteurs de décider où, quand et comment utiliser des artéfacts mis à leur disposition. Par exemple, un projeteur utilise des outils et des règles afin de matérialiser les schémas de principe qui lui sont transmis par un concepteur.
- Les rôles expansifs concernent les acteurs capables de développer de nouveaux artéfacts au sein de l'activité. Ce rôle permet d'agir sur le déroulement de l'activité en adaptant ou en proposant de nouveaux artéfacts, à l'image de ce que réalise un concepteur dans un projet.

Type de rôle	**Outil / instrument**	**Individu, sujet**	**Objet**	**Règles**	**Division du travail**	**Communauté**
Expansif	Construction d'outil	Apprentissage Conception	Construction de l'objet	Construction et négociation des règles	Organisation du travail, *coopération*	Création ou gestion d'une communauté
Actif	Support aux actions de transformation et de manipulation	Recherche d'information	Matériel partagé	Pensée partagée et visible	Coordination mutuelle, *collaboration*	Réseau visible et malléable
Passif	Exécution de procédures pré-enregistrées	Déclanche des actions prédéterminées	Données	Contrôle imposé	'Coordination forcée'	Hiérarchie fixe et invisible

Tableau 1 : Relations entre acteur et système de support au travail selon Kuutti[7].

La classification de Kuutti, reprise dans le Tableau 1, permet de caractériser les différentes approches proposées dans les collecticiels. La ligne du bas correspond à des systèmes très orientés vers l'exécution de procédures (i.e. systèmes de workflow productifs), la ligne du haut par contre correspond à des systèmes malléables offrant la possibilité aux utilisateurs de redéfinir leurs propres

[7] Cette illustration a été réalisée à partir du tableau proposé dans [Kuutti et Arvonen 1992 p.236].

outils (rôles expansifs). La ligne médiane de ce tableau, correspond à la moyenne des collecticiels actuels, permettant de partager de l'information et de coordonner une équipe de collaborateurs.

1.2.4 - La division du travail : coordination collaborative ou coopérative

La division du travail sert à médiatiser la relation entre la communauté et un objet commun aux membres de la communauté. La division du travail se réfère à l'organisation explicite de la communauté participant au processus de transformation de l'objet. Delay et Pichot [Delay et Pichot 1967] proposent une démonstration mathématique de la supériorité opérationnelle d'un groupe sur un individu dans le modèle suivant :

> *« Soit deux sujets A et B cherchant un objet : soit p_a la probabilité que l'individu A travaillant seul trouve l'objet et soit $q_a = 1- p_a$, la probabilité qu'il ne le trouve pas, soient p_b et $q_{b=1-} p_b$, les probabilités correspondantes pour le sujet B. La probabilité que les deux sujets échouent est égale à q_a x q_b , donc la probabilité qu'au moins l'un des deux réussisse est égale à 1- q_a x q_b. Cette valeur est supérieure à p_a et p_b. Si en effet, par exemple le sujet A a une chance sur 4 de trouver, et le sujet B une chance sur 5, le groupe constitué par les sujets A et B aura p = 1-(0,75x0,80)=0,40 soit 1 chance sur 2,5 de trouver l'objet. Plus le nombre de sujets coopérant augmente, plus la probabilité de réussite du groupe dépasse celle de n'importe quel membre considéré individuellement. Si le groupe est composé de n individus, et si la probabilité moyenne correspondant à chaque individu est p_i , la probabilité pour le groupe sera $p_n = 1- q_i^n$. A mesure que n augmente, la probabilité pour le groupe tend vers 1, c'est-à-dire vers la certitude de la réussite »*

Cette démonstration met en évidence la nécessité d'attribuer aux sujets des espaces de recherches disjoints. L'introduction de la division du travail comme outil médiatisant la relation entre l'objet et la communauté implique donc de répartir le travail de manière opportune en fonction de l'étendue du domaine de recherche et des capacités spécifiques des sujets participant à l'activité. Ce découpage est opéré par le biais de la coordination, artéfact permettant à un sujet d'agir sur le domaine de recherche des autres sujets. La coordination prend principalement deux formes, l'une explicite et l'autre implicite [Godart *et al.* 2001]. La ***coordination explicite*** est l'application des procédures décrites dans les règles ou les contrats passés entres les membres d'une communauté. Elle concerne des acteurs ayant un rôle identifié et en rapport direct avec l'exécution de la procédure. La ***coordination implicite*** sert à supporter des actions de coordination initiées par l'utilisateur. Elle sert de support à l'imprévu et permet d'ajuster l'exécution d'une activité. Ces deux modes de coordination sont mis en œuvre dans des proportions variables au cours de la collaboration et de la coopération.

Collaboration et coopération sont deux termes à la signification parfois équivoque [Hoogstoel 1995 p.9]. La ***collaboration*** est la réalisation d'un travail en équipe, guidé par un objectif commun et réalisé par des acteurs dont les relations sont durables et proches. La collaboration requiert donc un engagement de la part des acteurs, il est matérialisé par la définition des rôles et des devoirs de

chacun (règles, rôles). Selon cette définition, la collaboration comporte une grande part de coordination explicite et se retrouve en priorité dans des activités dont le déroulement est connu, voire routinier.

La ***coopération*** se caractérise par des relations informelles, sans mission ou structure définie [Kvan 2000], le partage de l'information se fait sans règle établie. Par conséquent, la coopération revêt un sens plus proche de la communauté d'objectif entre les acteurs d'une activité, ce qui nécessite une implication forte et un grand sens du travail en commun. La coopération est fondée sur un mode de coordination principalement implicite. L'importance de la distinction entre ces deux mots est, d'une certaine manière, liée à l'aspect créatif ou non d'un travail de groupe : le travail coopératif est plus favorable à la réalisation d'activités de conception, alors que le travail collaboratif est plus adapté à des processus de réalisation.

Dans le cas d'un travail collaboratif, la division du travail est réalisée précisément, en fonction d'un processus, des rôles ou d'une connaissance a priori des opérations nécessaires pour parvenir à l'objectif de l'activité. Dans le cas d'un travail coopératif, l'objectif de l'activité est plus diffus, ou partiellement défini. La division du travail s'opère dans ce cas au gré de la réalisation de l'activité, sous l'impulsion des acteurs.

1.3 - La coopération et l'échange : la communication

Nous avons vu lors de la description des processus de médiation que l'acteur d'une activité constitue une image mentale de son environnement, des actions et des opérations à mettre en œuvre afin de réaliser son activité. Cette représentation réalisée au cours de la phase d'orientation (voir p.15) est appelée ***l'image opérative*** [Decortis *et al.* 1996] : au cours de l'action, un acteur ne montre pas dans sa représentation mentale toute la complexité de l'objet ni toutes ses propriétés. L'acteur sélectionne l'information pertinente pour les actions qu'il souhaite mener sur l'objet. Une image opérative est donc partielle (suppression des informations non pertinentes) et déformée (les informations pertinentes sont développées), elle constitue par conséquent une abstraction du monde réel.

1.3.1 - Le contexte de la communication

Au cours d'un travail coopératif, une orientation commune des sujets est nécessaire. Cependant, pour que l'accomplissement des actions puisse être coordonné, les orientations de tous les acteurs doivent être compatibles. Dans ce cas, le sujet doit former à la fois ses propres images opératives et se représenter les opérations, l'état des objets qu'il produit mais aussi les opérations et les objets produits par d'autres opérateurs. L'acteur doit donc échanger, communiquer avec les autres acteurs de l'activité. Françoise Decortis, dans [Decortis *et al.* 1996], attribue à la communication le statut d'opération lors d'un travail coopératif. Les acteurs ne focalisent pas leur attention sur la communication, celle-ci demeure un outil au service de leurs actions. Au cours d'une activité

collective, la communication doit permettre aux acteurs d'échanger, de se synchroniser et négocier la répartition du travail par une coordination 'inter-individuelle'.

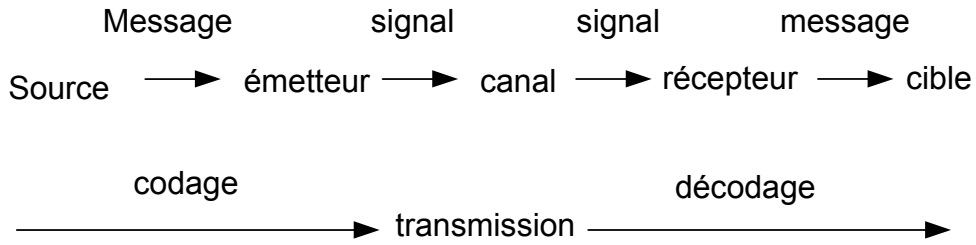


Figure 5 : Processus de communication.

La communication passe par la transmission de signes, qui, dans le cas d'une communication médiatisée par un langage sont porteurs de significations devant être communes à l'émetteur et au récepteur.

La communication entre les participants d'une activité collective est guidée principalement par deux objectifs : se synchroniser chronologiquement sur le plan de l'action et se synchroniser de manière cognitive [Darses et Falzon 1996 p.125]. Le premier mode de synchronisation (temporo-opératoire) remplit des fonctions d'allocation des tâches et d'articulation des actions à réaliser (déclenchement, séquencement, arrêt, rythme et simultanéité), il sert principalement des activités de ***coordination***.

Le second mode de synchronisation a pour fonction d' « *établir un contexte de connaissances mutuelles, de construire un référentiel commun* » [Visser 2002 p.321]. Dans ce cas, il s'agit de faire en sorte que tous les acteurs aient, d'une part connaissance des événements se produisant au cours du projet et d'autre part, qu'ils possèdent un savoir commun suffisant pour permettre la ***communication*** (Figure 6).

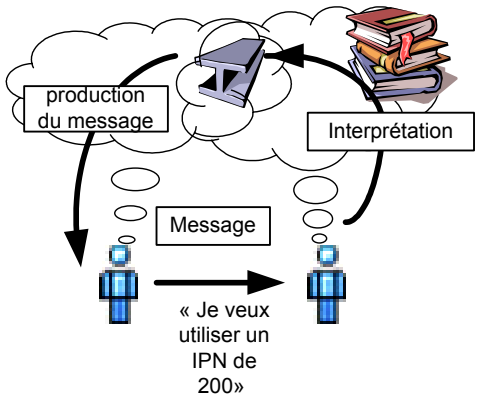


Figure 6 : Exemple de synchronisation cognitive.

1.3.2 - L'échange d'objets intermédiaires

La communication au cours de la réalisation d'une activité collective nécessite également la transmission d'artéfacts (Figure 7) entre les acteurs. Ces artéfacts sont désignés par Jeantet sous le terme d'***objets intermédiaires***.

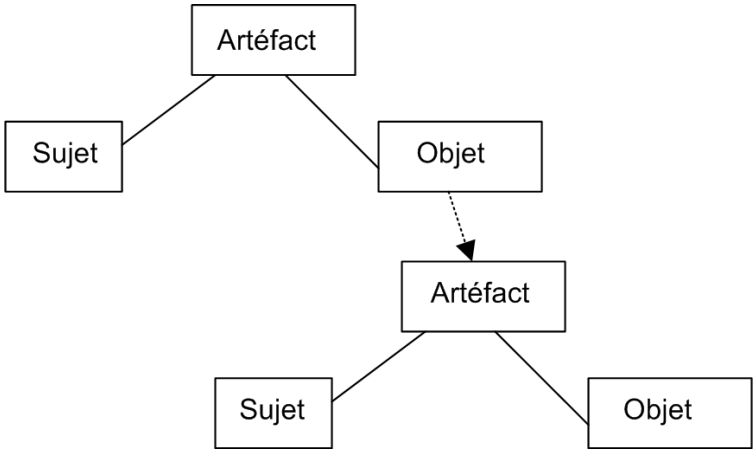


Figure 7 : Transmission d'un objet intermédiaire.

Jeantet fait l'hypothèse que la conception d'un objet est « *ponctuée dans le temps* » par la production d'une quantité d'objets intermédiaires comme des idées, des textes, des dessins, des maquettes, etc. Ces objets intermédiaires sont « *des vecteurs de représentation, orientés par une intention ou un objectif issu d'un monde socio-technico-économique lié d'une façon ou d'une autre à celui de la réalisation de cet objectif* » [Jeantet *et al.* 1996 p.92]. Ces objets constituent donc la

matérialisation des interactions apparaissant entre les acteurs au cours de la conception d'un objet. Jeantet produit une caractérisation des objets intermédiaires en trois points :

- Les objets intermédiaires contribuent au processus d'objectivation de l'objet final en donnant aux acteurs un référentiel commun pour débattre ;
- Les objets intermédiaires doivent « *modéliser le produit et lier les acteurs et leurs mondes* » ;
- Les objets intermédiaires sont éphémères et ont vocation à disparaître.

Jeantet propose également une classification des objets intermédiaires reposant sur deux dimensions. La première est liée à l'influence (la 'force d'action') exercée par l'objet sur l'interprétation qu'en font les acteurs récepteurs, la seconde est liée à la 'précision sémantique' de l'objet échangé.

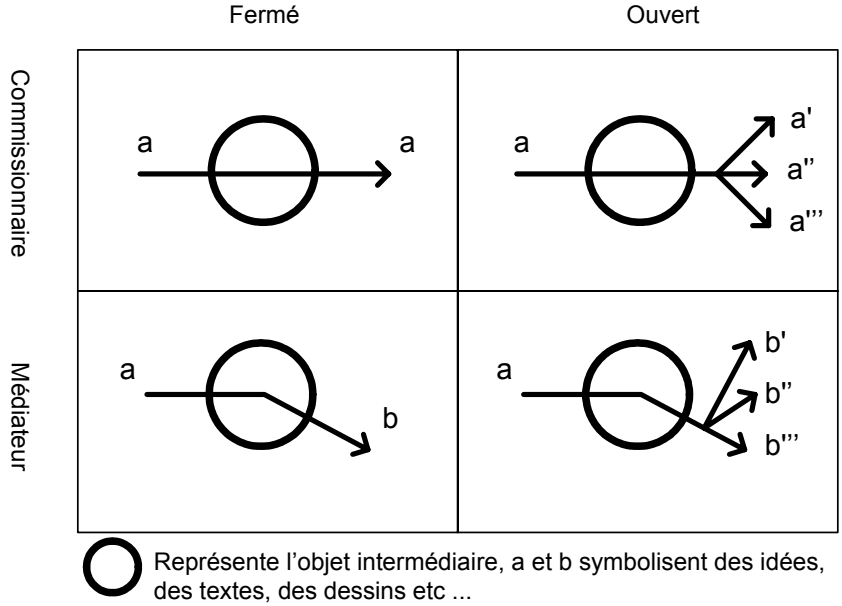


Figure 8 : Les quatre types d'objets intermédiaires proposés par Jeantet.

L'influence de l'objet est représentée par l'axe commissionnaire-médiateur (Figure 8). Un objet est qualifié de commissionnaire (*transporteur transparent*) lorsqu'il transmet un 'contenu' de manière neutre (sans déformation), dans le cas contraire, l'objet est appelé médiateur (*acteur, traducteur*) car il oriente son interprétation. Cet axe semble concerner l'influence du signifiant sur l'interprétation du message transmis. Ainsi, un objet commissionnaire 'pur' possède un signifiant (vecteur de communication) ne produisant aucune distorsion du message qu'il transporte. Il est difficile de trouver un exemple d'objet dont le signifiant serait purement commissionnaire. En effet, le choix d'un média de représentation (dessin, maquette, texte, langage, …) change le contenu du message transmis car il constitue *« une proposition ou un accord sur la mise en forme d'un 'monde'* » [Jeantet *et al.* 1996 p.95] servant des actions de 'structuration' par l'utilisation de conventions, de références communes. Cette caractéristique conduit à penser que les objets intermédiaires que nous utilisons sont tous médiateurs, mais dans des proportions diverses (le caractère médiateur d'une sculpture abstraite n'est certainement pas le même que celui d'un prototype industriel).

La précision du signifié véhiculé par un objet intermédiaire est représentée par l'axe ouvert – fermé. Un objet ouvert (*incitant à l'interprétation*) va permettre plusieurs interprétations, alors que l'objet fermé (*visant à une prescription*) est suffisamment explicite pour ne laisser qu'une seule interprétation possible, c'est le cas par exemple d'une notice de montage ou d'entretien d'un appareillage industriel. Jeantet précise qu'il existe toujours une flexibilité interprétative d'un signifié, aussi précis soit-il. Les objets intermédiaires participent à l'orientation de l'activité en introduisant des interprétations, des matérialisations d'un état de l'activité en cours de réalisation. Ce sont ces objets, en tant que 'ponctuation' de l'activité, qui permettent de retracer l'historique généré par une activité (voir p. 16). La latitude d'interprétation des objets produits au cours de la réalisation de l'activité collective, dérive du mode de coordination nécessaire pour la réalisation de l'activité. Certaines situations comme la coopération sont propices à l'utilisation privilégiée 'd'objets médiateurs ouverts' alors que des situations plus collaboratives tendent à utiliser en priorité des 'objets commissionnaires fermés' [Malcurat 2001 p.44].

1.4 - Application : l'activité de conception collective

Après avoir abordé l'activité collective et les modes de communication entre acteurs, nous allons aborder ici l'activité de conception afin d'en montrer la spécificité. Cette section, généraliste, servira de préambule à une analyse du contexte de la conception dans le domaine du bâtiment.

1.4.1 - Spécificité de l'activité de conception

Les travaux récents menés sur le plan de l'ergonomie cognitive appliquée aux situations de travail (Green et Hoc ; Visser ; …) ont permis de mettre en évidence la nécessité de dépasser les cloisonnements existant entre les activités de conception et de fabrication. Créer des ponts entre activités de conception et de production impliquent de connaître en quoi ces activités sont spécifiques. Le processus de conception fut longtemps considéré comme « *l'implémentation d'une planification hiérarchique* » [Visser 2002 p.313] ce qui a conduit à l'application de méthodes et d'environnements de conception mal adaptés (Visser et Hoc 1990). Le concepteur tire profit des possibilités d'actions qu'il identifie au cours de son activité d'une façon qualifiée d'***opportuniste*** par Visser, c'est-à-dire que le concepteur ne peut se conformer à un plan d'action préétabli mais il doit tirer profit des opportunités qu'il rencontre au cours de son activité de conception. À l'image de ce que montre la théorie de l'activité au sujet des processus d'apprentissage (voir p.14), la conception fait l'objet de démarches 'ascendantes' et 'descendantes' entre différents niveaux d'abstraction de la solution envisagée (objet de l'activité). Ces démarches consistent en des mouvements constants entre des niveaux d'abstraction qui ne sont pas nécessairement contigus (en passant du niveau n au niveau n+2, le niveau n+1 n'est pas nécessairement traversé) [Visser et Hoc 1990]. Ces mouvements d'abstraction permettent au concepteur de spécifier le couple problème-solution en construisant une représentation des contraintes, dont l'analyse permettra la proposition d'une solution. Cette analyse constitue une

modélisation des contraintes et de leur contexte, préalable nécessaire à la formalisation d'une proposition de solution.

Le processus de conception n'est pas différent dans sa structure des autres activités puisque l'on retrouve une étape de '*construction mentale des problèmes'* (formulation) puis le développement (génération) d'une solution au cours de la phase d'exécution et enfin une étape d'*évaluation* de la solution proposée [Visser 2002 p.315]. Ce qui différencie l'activité de conception des activités productives est l'incertitude inhérente à tout acte créatif. Le problème initial auquel font face les concepteurs est rarement spécifié dans sa totalité, les contraintes énoncées en préalable sont souvent conflictuelles et exprimées dans des termes très variables (les besoins du client, ses envies, les contraintes physiques subies par l'objet de la conception, etc..). Ces éléments ont amené de nombreux auteurs à considérer la conception comme la résolution d'un problème '*mal défini'* ou *'mal structuré'* [Reitman 1965 ; Simon 1984]. Dans ce cas, la formulation du problème se fait en parallèle de sa résolution ; la description des processus de conception et des modes de coordination qui en découlent sont par conséquent difficilement modélisables.

Une autre différence entre activité de conception et activité de production se trouve dans les modes d'évaluation des solutions proposées. La pertinence d'une solution à un problème de conception n'est en aucun cas binaire, correcte ou incorrecte [Bisseret *et al.* 1988 ; Bonnardel 1991]. Cette solution provient d'un choix opéré par les concepteurs dans un ensemble de solutions. Les intervenants sélectionnent la solution qu'ils estiment être la plus adéquate, la plus satisfaisante en fonction des données du problème et du contexte de la conception [Cross et Cross 1995 ; Dorst 1996 ; Kvan 2000]. Il faut noter que la collaboration entre les concepteurs n'implique pas la capitulation de certains intervenants, ni la prise de décision par consensus ou par compromis. Le compromis suggère que les intervenants ne sont que partiellement satisfaits, les problèmes de fond ne sont pas abordés et l'on reste sur des arrangements superficiels. Dorst observe que la solution la plus satisfaisante est souvent adoptée au cours de la conception, il rejoint sur ce point Simon pour qui la solution la plus satisfaisante à un problème est choisie en fonction de la qualité du raisonnement mis en œuvre (rationalité procédurale) [Simon 1992]. Boutinet [Boutinet 2001 p.143] montre qu'au cours d'une activité de conception, il est impératif de laisser une grande autonomie de décision aux acteurs. Un système (ensemble de méthodes, coordination, outil, …) dédié à la conception ne peut donc être administratif ou hiérarchique. L'analyse développée par Boutinet utilise une approche sociologique de l'activité de conception collective en faisant appel aux travaux de Crozier et Friedberg et fait une critique des systèmes experts (ou prédictifs) populaires au début des années 1990.

Dans le domaine du bâtiment, l'expression des contraintes et la recherche de solution passe prioritairement par des modes d'expression graphique. Pour les architectes, par exemple, les jeux permanents de références et d'analogies conduisent à penser que l'image est un artéfact qui occupe une place centrale dans leur stratégie de conception [Conan 1990 ; Fernandez 2002]. Ainsi, l'image permet de se confronter aux contraintes connues et de faire germer de nouvelles directions pour le projet. Nous verrons plus loin dans ce mémoire, de quelle manière il nous sera possible de tirer parti de cette capacité à manipuler le graphisme par une représentation contextuelle d'un projet en cours de conception.

1.4.2 - Étapes lors d'une activité de conception collective

Darses et Falzon ont montré que l'activité d'acteurs en situation de conception se réalise principalement selon deux modes. Le premier appelé ***conception distribuée*** au cours duquel les acteurs travaillent de manière 'individuelle' et le second appelé ***co-conception*** lorsque les acteurs se réunissent pour interagir [Darses et Falzon 1996 p.127]. Dans le premier cas, les acteurs échangent de manière asynchrone et distante (courrier, email, transfert de documents, …). Dans ce cas, la synchronisation opératoire décrite p.21 est prédominante. Dans le second cas, les acteurs échangent de manière synchrone et proche (réunion, …) et l'on est en présence d'une synchronisation cognitive entre les participants. La nature de ces modes d'interaction est pour nous indépendante de l'intensité des rapports qui unissent les acteurs d'un projet, ils s'appliquent donc à toute activité partagée qu'elle soit collaborative ou coopérative.

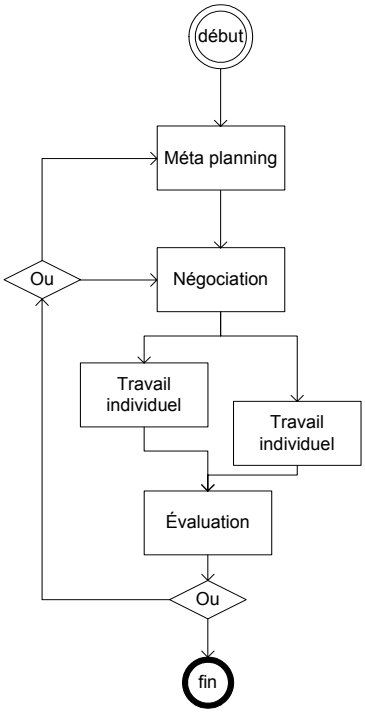


Figure 9 : Etapes d'une activité de conception collective.

Selon le niveau de précision avec lequel nous considérerons une activité, nous allons percevoir cette activité, soit comme une unité, soit comme un ensemble de sous-activités. L'étude de la théorie de l'activité nous a permis d'isoler trois types de processus mis en œuvre lors de la réalisation d'une action (individuelle) : l'orientation, l'exécution et le contrôle (voir p. 15). Au cours d'une activité collective, des processus semblables vont être liés à la définition des règles et à la division du travail entre les membres d'une communauté de concepteurs (voir p. 17). Dans ce cas, les processus d'exécution, d'orientation et de contrôle vont devenir des activités à part entière jalonnant la réalisation de l'activité de conception. Ces activités peuvent être réparties en deux types d'étapes : des étapes à vocation ***productives*** et des étapes à vocation de ***synthèse***.

Les étapes de synthèse vont rassembler des activités de planification, de négociation, d'évaluation, d'intégration ou de coordination des acteurs qui prennent part à la conception. Et les étapes productives vont permettre de réaliser les activités planifiées au cours des étapes de synthèse. Les étapes s'organisent dans un processus cyclique, aboutissant à la proposition d'une solution adéquate au problème posé, comme nous l'avons montré précédemment.

1.4.3 - Méthodologie et cycle de travail

Il existe de nombreuses théories concernant la méthodologie empruntée par les concepteurs. Ces théories oscillent entre deux extrêmes, allant d'un processus clairement défini [Alexander 1971] à une idée de la création absolue. Il semble aujourd'hui admis que la réalité est bien plus nuancée et qu'il est rare de pouvoir isoler de tels comportements dans des activités de conception d'ouvrages ou de produits manufacturés.

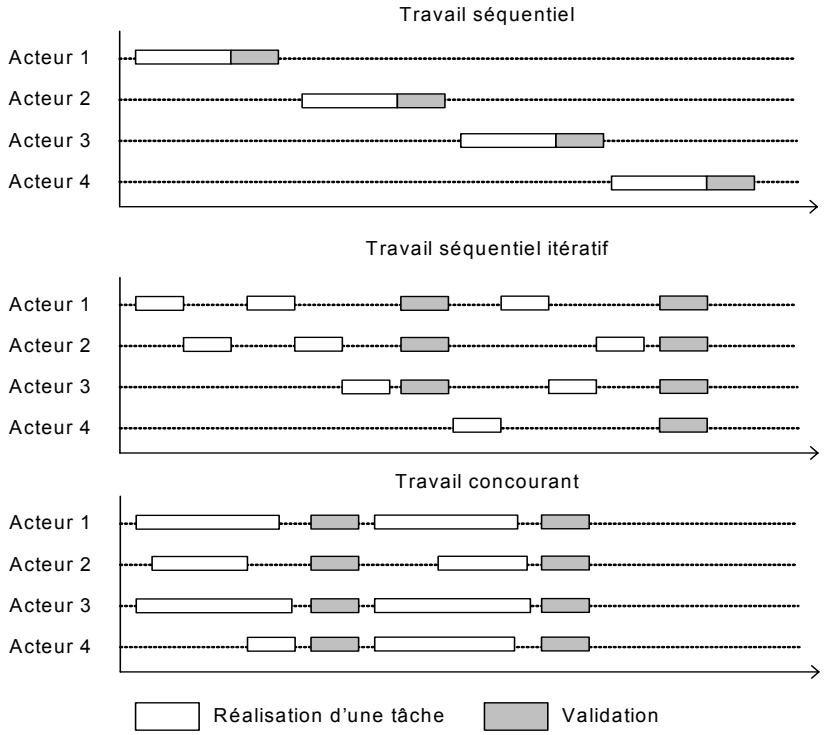


Figure 10: Modes d'organisation du travail collectif.

Nous avons vu plus haut que le travail collectif s'organise principalement selon deux modes correspondant à des temps différents de l'activité de conception. La conception distribuée correspond à des phases où les acteurs produisent des propositions évaluées au cours de phases de co-conception (étapes de synthèse).

Au cours d'un travail collectif, les phases de conception et de validation peuvent être menées soit les unes à la suite des autres (de manière séquentielle), soit de manière concourante (Figure 10). Le principe de l'ingénierie concourante ou simultanée est d'augmenter la cohésion des équipes afin de

réduire les délais tout en augmentant la qualité des prestations fournies. Ainsi, plus l'ingénierie est concourante, plus le cycle de conception/fabrication est réduit. Nous verrons par la suite que chaque mode de travail décrit ici requiert un outillage méthodologique spécifique : dans le cadre d'un travail en mode séquentiel il est nécessaire de renforcer le plus possible la qualité des procédures utilisées, alors que dans le cadre d'un travail concourant, l'accent est mis sur le renforcement des moyens de communication et d'échange.

1.4.4 - Les freins à l'activité collective

Les théories que nous venons d'évoquer dans ce chapitre montrent les modes de coordination et d'interaction permettant à des individus d'accomplir une activité commune. Leur transposition à des situations réelles se heurte immanquablement à des limitations inhérentes au concept même de groupe en tant que structure sociale (représentant un rassemblement d'individus pensant et agissant).

Les psychologues ont largement débattu et analysé les rapports existant entre individu et groupe et sont parvenus à déterminer un certain nombre de rapports de forces s'exerçant entre ces deux pôles [Blanchet et Trognon 1994 p.10]. On parle ainsi d'interférence cognitive, d'inhibition sociale [Michinov 2001 ; Paulus 2000], de totalitarisme groupal, de préjugé [Anzieu et Martin 1994 p.19] ou encore de rapports de forces provenant d'une résistance au changement et d'influences exercées tantôt par la majorité, tantôt par des leaders d'opinion [Blanchet et Trognon 1994 p.37-59].

Face à ces contraintes, la question qui se pose aux concepteurs d'outils destinés à supporter une activité collective est donc de déterminer de quelle manière le collecticiel va permettre de limiter cette résistance de l'individu face au groupe. Cette question est d'autant plus présente que l'on s'intéresse à des groupes hétérogènes (en terme de cultures techniques) et peu pérennes, comme c'est le cas dans le domaine du bâtiment (groupes recomposés à chaque projet).

L'éclairage donné par Anzieu et Martin sur les concepts de groupe et d'organisation [Anzieu et Martin 1994 p.40] montre que des individus ou des groupes restreints (une dizaine de personnes) se montrent naturellement méfiants lorsqu'ils doivent coopérer. La stabilité d'une communauté d'acteurs passe donc par l'acceptation du bien-fondé des changements opérés et des décisions prises, puis par la mise en place de moyens permettant de favoriser la cohésion du groupe et l'implication individuelle des membres. De manière générale, ces deux enjeux ont pour fondement une problématique classique en sociologie : soutenir le moral du groupe. Anzieu et Martin utilisent pour désigner un contexte propice à la coopération le terme de ***conscience de groupe***, fondée sur les principes suivants :

- 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 [Anzieu et Martin 1994 p.212-213].

Pour parvenir à un degré de conscience de groupe suffisant, il est nécessaire de déterminer les caractéristiques de l'organisation considérée, mais aussi ses forces et ses faiblesses en terme

d'aptitude à la coopération. Shea et Guzzo ont identifié trois critères qui exercent une influence sur la qualité des échanges au sein d'un groupe et sur la performance de ce dernier [Shea et Guzzo 1987] :

- L'interdépendance des tâches (degré de cohésion du groupe) ;
- L'interdépendance des résultats (comment et où la performance est recherchée) ;
- La force du groupe (degré de croyance des acteurs dans la capacité de succès du groupe).

Selon ce principe, il apparaît nécessaire de définir avec une précision suffisante la constitution des équipes, les résultats attendus et la manière dont sera recherchée la coopération. Nous devrons par conséquent rechercher les typologies et l'organisation des activités (chapitre 2), puis les critères propres à la coopération d'un groupe d'acteurs impliqués dans la conception d'un bâtiment (chapitre 3). La détermination de ces critères nous permettra de connaître les spécificités de la coopération dans notre domaine d'application afin d'en proposer un modèle conceptuel que nous transposerons dans un outil afin d'en valider le principe.

1.4.5 - Synthèse

Ce chapitre nous a permis de faire le point sur le concept d'activité, puis sur les liens qui unissent un sujet et une communauté. Concernant l'activité, nous avons montré que les activités répondent à un besoin et procèdent d'une motivation claire, elles ont un but identifié et conscient. L'activité est orientée par l'objectivation de besoins ou, dans le cas de la conception, par l'objectivation du résultat. L'accomplissement d'une activité peut nécessiter un nombre élevé d'actions, utilisant des opérations effectuées de manière inconsciente par le sujet. Lorsqu'une activité est réalisée en groupe, les règles permettent de définir les rôles attribués aux différents acteurs. Le découpage du travail correspond alors à une synchronisation des actions réalisées par les différents participants, assurée par différents moyens de coordination, utilisant eux-mêmes divers modes de communication (dialogue, échange d'objets intermédiaires).

L'activité de conception, pour sa part, se révèle spécifique car elle ne possède que rarement un objectif clairement défini, elle fait l'objet de démarches ascendantes et descendantes entre différents niveaux d'abstraction afin de déboucher sur une solution satisfaisante. Elle est en cela très proche de la description proposée dans la théorie de l'activité. Au cours d'une activité de conception, les acteurs utilisent principalement deux modes de travail (co-conception et conception distribuée) permettant d'assurer production et synthèse des activités de chacun des acteurs. La conception se présente comme une agrégation de plusieurs activités, voire de sous-activités, il faut donc la comprendre comme une activité composée. Enfin, nous avons évoqué les facteurs entravant la qualité des échanges entre acteurs et montré l'importance jouée par la conscience de groupe, au travers de références appartenant au domaine de la sociologie.

Nous allons maintenant poursuivre notre analyse en recherchant les caractéristiques du projet tel qu'il apparaît dans le domaine du bâtiment.

Chapitre 2

LE PROJET, TERRAIN D'EXPRESSION DE L'ACTIVITE DE GROUPE

« Au-dessus du sujet, au-delà de l'objet immédiat, la science moderne se fonde sur le projet. Dans la pensée scientifique, la médiation de l'objet par le sujet prend toujours la forme du projet. (...) Pour qu'il y ait connaissance scientifique, il faut qu'il y ait un projet qui construise un objet, où la théorie et l'expérience se lient dans une vérification » G. Bachelard, Le nouvel esprit scientifique, Paris, PUF, 1934[8].

[8] Cité dans [Boutinet 2001 p.107].

2.1 - Le projet, une activité de conception

2.1.1 - Qu'est ce qu'un projet ?

Le dictionnaire le Robert de la langue française (*Le petit Robert* 1992 p. 1542) définit le projet comme étant « *l'image d'une situation, d'un état que l'on pense atteindre* ». Les auteurs du dictionnaire précisent cette définition en indiquant qu'un projet est « *tout ce par quoi l'homme tend à modifier le monde ou lui-même, dans un sens donné* » ; la portée philosophique de cette définition est notamment illustrée par une pensée de Sartre : « *L'homme est un projet qui décide de lui-même* ». Les corollaires mentionnés montrent qu'il existe plusieurs acceptions du terme de projet : Dessein, intention, plan, résolution, vue (projet de mariage, projet personnel) ; mais aussi esquisse, canevas, ébauche (rédiger un projet de thèse, projet de loi) ; ou encore plan, programme (projet économique, administratif).

Jean-Pierre Boutinet, dans son ouvrage *Anthropologie du projet,* précise cette définition en ajoutant que le projet est « *une anticipation d'une situation future, sous-tendue par une volonté d'innovation et possédant une vocation d'unicité* » [Boutinet 2001 p.68].

Dans le contexte industriel, un projet est caractérisé selon l'AFITEP[9], par « *une action spécifique, nouvelle, qui structure méthodiquement et progressivement une réalité à venir pour laquelle il n'y a pas d'équivalent exact* ». L'activité de projet possède un objet unique (une situation future) et ne peut être répétée à l'identique car chaque projet possède un contexte et une histoire propre. Un projet n'est donc jamais un constat ou la répétition d'un modèle préalablement établi, même si dans le cadre industriel, il arrive que l'on porte un regard très procédural sur l'activité de projet : « *le projet est un ensemble d'actions à réaliser pour satisfaire un objectif défini, dans le cadre d'une mission précise, et pour la réalisation desquelles on a identifié non seulement un début mais aussi une fin* »[AFITEP 1996]. Cette esquisse de définition montre que le concept de projet s'applique à différents domaines dont les particularités influent sur le caractère opératoire du projet. Les caractéristiques que nous venons de dégager montrent que le projet est un ensemble d'activités de conception situées, contextualisées.

Activités de projet	Activités stabilisées
Non répétitives	Répétitives
Décision irréversible	Décision réversible
Incertitude forte	Incertitude faible
Influence forte des variables exogènes	Influence forte des variables endogènes
Processus historiques	Processus stabilisés, gérables statiquement
Demande un investissement financier	Produit de la richesse

Tableau 2 : Activités de projet et activités stabilisées.

[9] Association Française des Ingénieurs Techniciens d'Estimation de Planification et de Projet.

La nature du concept de projet tend donc à l'opposer à celui d'activité stabilisée telle que la production, la vente, l'administration, etc. Le Tableau 2 réalisé d'après les catégories définies dans [Midler 1993a p.20] montre quelques caractères qui opposent ces deux concepts.

Nous identifierons différents types de projets dans les sections suivantes, puis nous porterons notre attention sur ce qu'est la conduite d'un projet architectural.

2.1.2 - Les différentes typologies de projets

Nous venons de voir que le terme de projet s'applique à différents types d'activités créatrices ou structurantes. Boutinet a identifié trois degrés dans l'appréhension du projet : un degré empirique (concerne les situations de la vie quotidienne), un degré théorique (discours scientifique où le projet a un statut théorique, conceptuel) et un degré opératoire (lié aux nécessités d'une action à conduire) [Boutinet 2001 p.277, tableau XII]. Boutinet place le projet industriel et le projet architectural au niveau ***opératoire*** car ils sont tous deux guidés par une volonté d'édification, de réalisation concrète. Le projet architectural peut toutefois être de dimension conceptuelle, détaché de toute volonté d'édification, nous laisserons de côté ce débat dans le cadre de ce travail pour nous concentrer sur la participation à un processus conduisant à la réalisation d'un ouvrage bâti.

À l'intérieur des projets opératoires, il est possible d'affiner cette classification en différenciant les projets d'***ouvrages*** dont le résultat serait une réalisation unique et les projets de ***produits*** dont le résultat est voué à une production en série [AFITEP 2000 p.3]. La différence entre ces deux types de projets se place dans la reproductibilité de l'objet conçu au cours du projet. Lors d'un projet de produit, il est primordial de concevoir les méthodes et les règles nécessaires à l'exécution des activités opérationnelles de production. Un projet de produit est donc naturellement plus enclin à fonder son 'économie' sur l'édition de règles permettant d'assurer la conformité des reproductions. Un projet d'ouvrage, du fait de l'unicité de son objet, n'est pas soumis aux mêmes impératifs et peut donc tirer parti des aléas survenant au cours de la conception.

Quelques exemples de ces deux types de projets sont :

Pour les projets de produits :

- Projets d'organisation ;
- Projets de logistique (militaire, industrielle ou commerciale) ;
- Projets de recherche et de développement de produits nouveaux.

Pour les projets d'ouvrages :

- Projets d'édification de bâtiments et d'ouvrages de travaux publics ;
- Projets d'urbanisme ou de développements sociaux ;
- Projets artistiques : montage de spectacles, d'installations ou d'expositions ;
- Projets informatiques et de développement de logiciels.

2.1.3 - Les phases d'un projet

Les activités de projet, telles que nous venons de les décrire, sont de natures différentes et concernent des organisations de tailles diverses. Malgré ces différences, il subsiste un point commun entre les activités de projet, qui est leur caractère de conception. En effet, nous avons montré qu'une activité de conception est par essence fluctuante et possède un objectif mal défini (voir p.25). Un projet doit donc passer par des étapes permettant de préciser les besoins, puis déterminer un plan d'édification de l'ouvrage, puis préciser les moyens à mettre en œuvre afin de réaliser cet ouvrage, suivi de la réalisation proprement dite et enfin, de la vie de l'objet de cette activité. Ces phases constituent des activités à part entière car il est possible d'identifier une série d'objectifs changeant au cours de la réalisation du projet.

Ces activités s'organisent selon le cycle que nous avons décrit dans le premier chapitre (Figure 9 p.27), ce processus général s'applique aux phases constitutives d'un projet, en tant qu'activités à parts entières.

Le nombre de phases et la précision du découpage sont très fortement dépendants du nombre d'acteurs impliqués dans le projet, plus ce nombre est important plus il sera nécessaire d'avoir un découpage rigoureux [AFITEP 2000 p.9]. Le temps est également un facteur influant directement sur le mode d'organisation et donc sur le découpage d'une activité de projet (mode de coordination, protocoles d'échange, etc.).

2.1.4 - Les familles d'acteurs impliqués dans un projet

Un projet est une activité collective, il suppose donc la participation de plusieurs intervenants (individus, entreprises, organismes). Le nombre d'acteurs impliqués croit avec la taille et la complexité (technique, conceptuelle, légale, …) du projet. Au cours d'un projet chaque acteur possède une mission définie. Lorsqu'un acteur est une entreprise ou un organisme, ce groupe possède un coordinateur désigné pour le projet (chef de projet). La gamme de responsabilités de chaque intervenant varie en fonction de son niveau d'intervention dans le projet (ou dans une phase d'un projet). La notion de responsable à chaque niveau d'intervention est nécessaire à la bonne marche du projet.

Parmi les partenaires concourant à la réalisation d'un projet, nous pouvons identifier deux acteurs centraux : le maître d'ouvrage et le maître d'œuvre.

Le terme de ***maître d'ouvrage*** désigne le futur bénéficiaire de l'ouvrage (propriétaire, exploitant,..), il est une personne morale ou physique et fixe les objectifs du projet (prestations, enveloppe budgétaire, délais, …). Nous verrons plus loin avec l'exemple du domaine du bâtiment, que cet acteur n'est pas toujours à même de déterminer seul l'ensemble des objectifs, il est donc fréquent que le maître d'ouvrage délègue une partie de ses responsabilités, mais reste cependant responsable de l'ouvrage (assume le paiement des services, etc…).

Le terme de ***maître d'œuvre*** désigne la personne physique ou morale qui a reçu pour mission (par le maître d'ouvrage) d'assurer la conception et le contrôle de la réalisation de l'ouvrage.

Au Moyen Âge, le terme de '*magister operis'* désignait celui qui avait la charge de concevoir et de mener à bien l'édification d'une œuvre (conduire l'œuvre à bonne fin). Cette fonction était souvent incarnée par l'architecte [Gimpel 1969]. Au cours du XIXe siècle, avec l'avènement de l'ère industrielle, cette dénomination s'est étendue à tout 'homme de l'art' en charge de la réalisation d'un ouvrage et qui engage sa responsabilité personnelle indépendamment de celle des constructeurs. Enfin, le développement des activités d'ingénierie (après la Seconde Guerre mondiale) a amené à désigner comme maître d'œuvre la personne physique ou morale assumant cette charge vis-à-vis du maître d'ouvrage et des autorités environnant l'ouvrage [AFITEP 2000 p.10].

Ces deux définitions montrent que, si le maître d'ouvrage demeure responsable de la totalité du projet, une grande partie de cette responsabilité est transférée au maître d'œuvre au cours de la conception et du suivi de l'édification de l'ouvrage.

D'autres acteurs vont être impliqués dans la réalisation de l'ouvrage, citons par exemple : les entreprises chargées de la réalisation, des consultants externes, des administrations, …

Le nombre de participants et l'hétérogénéité du groupe influent directement sur la manière dont devra être géré le projet : plus le nombre est grand plus les responsabilités doivent être identifiées et plus la coordination joue un rôle important.

2.1.5 - Le contexte français des projets d'ouvrages bâtis

Le secteur du bâtiment représente 35% des investissements nationaux et occupe 6% du total de la population active dans environ 300.000 entreprises. Il occupe donc une place considérable dans l'économie française [Cavallini et Raffestin 1988 p.13][10].

Le secteur du bâtiment présente cependant un certain nombre de particularités, notamment une grande présence des pouvoirs publics. Le secteur est en effet très réglementé et dépend très fortement de la commande publique (plus d'un tiers de la production des entreprises du bâtiment) ce qui lie directement son chiffre d'affaires à la politique de l'État. La forte présence du cadre juridique est notamment visible au travers du code des marchés publics et plus particulièrement, par la loi sur la maîtrise d'ouvrage publique (loi MOP), tous deux donnent avec précision la structure organisationnelle et les phases d'un projet réalisé par un maître d'ouvrage public. Cette loi décrit les documents et les prestations à fournir pour chaque intervenant à chaque étape d'un projet réalisé dans le cadre d'un marché public. La maîtrise d'ouvrage est soumise à différents régimes selon le type de maître d'ouvrage et le type d'ouvrage (Figure 11), allant de la maîtrise d'ouvrage privée de bâtiment privé (faiblement contraint) à la maîtrise d'ouvrage publique de bâtiments publics (fortement contraint). Nous pouvons constater que le schéma donné dans la loi MOP sert d'inspiration lors de la réalisation de projets soumis au régime privé [d'A 2000].

Un autre point singulier du domaine du bâtiment est le caractère hétérogène des acteurs impliqués dans l'acte de bâtir, qui se traduit par des recouvrements de compétences entre les familles d'acteurs,

[10] Nous ne disposons malheureusement pas de chiffres plus récents mais la connaissance que nous avons du domaine nous permet de penser qu'aucune évolution radicale ne s'est produite depuis cette date.

provoquant une grande compétition au sein même des équipes de projet. Enfin, nous devons noter une faible sensibilisation (encore actuellement) des acteurs responsables aux outils informatiques. Cette dernière caractéristique est corollaire de la grande différence de culture entre les intervenants : un artisan n'a pas les mêmes facilités d'accès ni les mêmes bénéfices à attendre de l'informatisation que le responsable d'un BET.

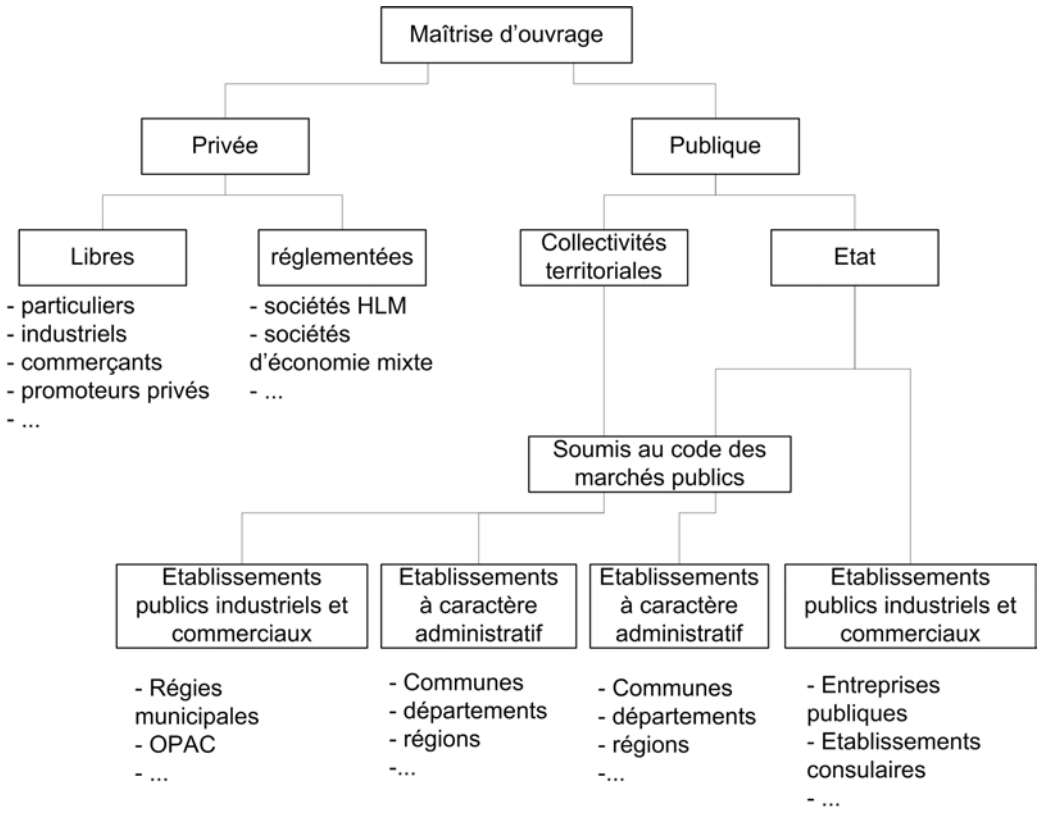


Figure 11 : La maîtrise d'ouvrage dans le domaine du BTP.

2.2 - Les acteurs du domaine

2.2.1 - Les acteurs liés au domaine du bâtiment

« L'activité du secteur du bâtiment se caractérise, entre autres, par une complexité des rapports et des relations entre de multiples partenaires. Seul le profane ou la personne étrangère à ce secteur économique parle de "la profession". En réalité, il existe de multiples ***fonctions*** *remplies par des hommes de métiers organisés en* ***professions****. Celles-ci sont non seulement fort différentes quant à leur structure, leur statut, leur mode d'exercice ou leur déontologie, mais aussi elles sont souvent*

concurrentes, jalouses de ce qu'elles estiment être leurs prérogatives spécifiques » [Cavallini et Raffestin 1988 p.25].

Fonctions	Professions organisées
Métreur-vérificateur	Technicien économiste de la construction
Coordonnateur de travaux	Sociétés d'ordonnancement-planification-coordination (OPC)
Syndic d'immeubles	Administrateur de biens

Tableau 3 : Exemples de confusions possibles entre fonctions et professions.

Comme nous venons de l'avancer dans la section précédente, il existe un recouvrement/dédoublement des compétences entre les organisations impliquées dans une opération de construction. De même, lors d'un groupement de plusieurs structures à vocation identique (architectes associés par exemple), il est important de pouvoir identifier les acteurs soit par leurs compétences, soit par leur place dans l'organisation, soit par les moyens dont ils disposent (matériels spécifiques). Ceci est actuellement détaillé dans les conventions de groupement (contrats) passées entre les entreprises co-traitantes d'un marché. Il faudra donc faire la différence entre le métier exercé par un acteur, son domaine d'intervention, l'entreprise à laquelle il appartient et les moyens techniques dont celle-ci dispose.

Rôle spécifique	Corps de métier pouvant les exercer
Maître d'ouvrage	Promoteurs publics, Promoteurs privés, Particuliers, …
Maître d'œuvre	Agences d'architecture, Bureaux d'études, Entrepreneurs, …
Aménagements intérieurs	Décorateurs, Architectes d'intérieur, …
…	

Tableau 4 : Exemples de rôles et de corps de métier pouvant les exercer.

De plus, le potentiel d'action d'un individu au cours d'une situation de projet donnée (voir p.18 pour une définition du potentiel d'action) est conditionné par quatre facteurs (son métier, l'entreprise dans laquelle il travaille, le groupe de projet dont celle-ci fait partie et le projet) et trois relations (la fonction qu'il occupe dans son entreprise, la fonction de son entreprise dans le groupe de projet et le rôle spécifique joué par l'entreprise dans le projet).

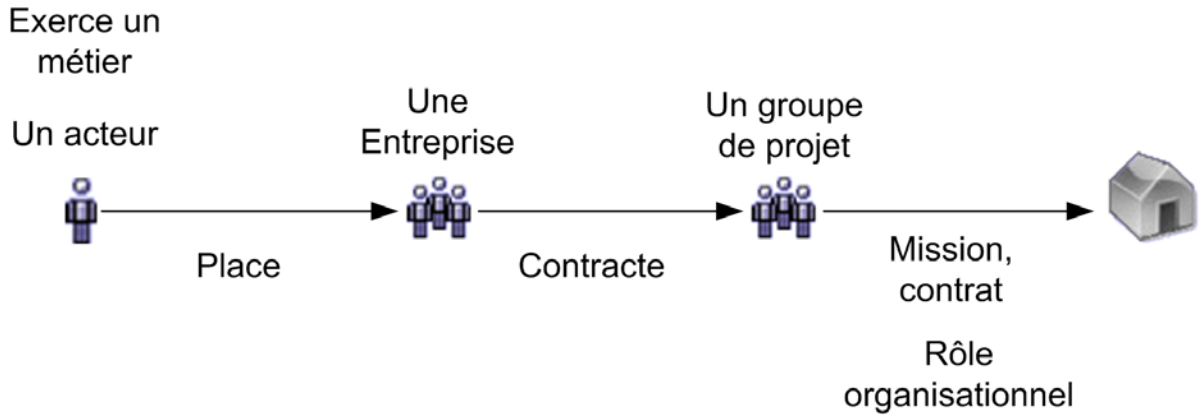


Figure 12 : Relations entre métier et projet.

De plus, un métier ou un type d'entreprise n'est pas attaché à un rôle spécifique dans un projet, par exemple : une agence d'architectes joue le plus souvent un rôle de concepteur architectural mais peut également assumer des missions d'assistance à la maîtrise d'ouvrage, d'aménagement intérieur ou encore d'aménagement urbain ; les fonctions sont donc diffuses. Nous allons par conséquent définir les types d'acteurs pouvant être impliqués dans un projet, de manière à pouvoir les intégrer par la suite dans notre modèle conceptuel.

2.2.2 - Les métiers de la filière bâtiment

Le métier exercé par un acteur représente d'une part, sa 'capacité d'expertise' dans un domaine donné et d'autre part, les responsabilités qu'il peut assumer dans le cadre de l'exercice de ce métier. Ces responsabilités sont pérennisées dans un système de normes et de lois auquel correspondent par exemple les diplômes reconnus par l'Etat. En France, une liste des métiers nous est fournie par le Répertoire Opérationnel des Métiers et des Emplois (*ROME*[11]), à partir de laquelle nous pouvons dégager deux grandes catégories de métiers : les métiers de la conception et de la planification, et ceux de la mise en œuvre et de l'exécution. Ces métiers sont exercés par des acteurs spécialisés ou non dans le domaine du bâtiment [Cavallini et Raffestin 1988]. Les métiers exercés par des acteurs spécialisés sont par exemple : architecte, ingénieur structure, ingénieur voirie, ingénieur thermicien (etc.), dessinateur, projeteur, chef d'équipe (construction), chef de chantier (construction), ouvrier qualifié. Quant aux métiers non spécialisés nous pouvons citer : secrétaire, documentaliste, manœuvre.

Il faut cependant noter que deux acteurs exerçant le même métier peuvent avoir des compétences différentes, du fait de leurs expériences passées, de leur culture ou de formations complémentaires suivies. Il est donc important de ne pas réduire la représentation des compétences d'un acteur à son seul métier en laissant ouvert le champ des compétences associées à un acteur.

[11]Le répertoire des métiers est accessible à l'adresse internet : http://rome.anpe.net/employeur/index.php (visité le 14-08-2003).

2.2.3 - Les professions organisées en entreprises

Les acteurs du bâtiment exercent leurs métiers dans des groupes (entreprises, services publics,…) à vocations diverses. Cavallini et Raffestin montrent que dans le domaine du bâtiment il n'existe pas de lien direct entre le métier exercé par un acteur et un type d'entreprise précis. Un architecte, par exemple, peut travailler à son compte (dans une agence d'architecture) ou être employé par un bureau d'études, un promoteur, un office HLM, etc... Les acteurs employés dans une entreprise font partie des deux catégories de professionnels que nous avons décrites dans la section précédente, ils se verront donc attribuer des rôles de types différents selon leur catégorie et la place qu'ils occupent dans l'entreprise. Les professionnels de la conception ou de l'encadrement se verront plutôt attribuer des rôles expansifs ou actifs offrant une grande liberté d'action et la possibilité de remettre en cause le projet, alors que les professionnels de la mise en œuvre n'auront qu'exceptionnellement des rôles expansifs (au sens donné p.18). Le rôle n'est cependant pas attaché à un métier, il dépend de la participation de l'acteur dans le groupe.

Type	Exemple
Entreprise	Agences d'architecture Bureaux d'études Techniques spécialisés Économistes de la construction Entrepreneurs Bureau géomètre expert Agence de Programmeur (parfois appelé programmiste) Artisans
Collectivité locale	Mairie, Préfecture DDE/DDA Commissions réglementaires, Architecte des bâtiments de France …
Concessionnaires des réseaux	EDF, GDF, France-Télécom, Eau
…	

Tableau 5 : Exemples de collectifs d'acteurs.

La participation d'un acteur dans un collectif, une entreprise par exemple, est le plus souvent représentée par sa fonction. Ainsi, l'acteur aura le statut de responsable (directeur, chef de projet,...) ou d'employé, ce qui va conditionner les rôles que celui-ci pourra jouer sur un projet ou dans une activité du groupe.

Déterminer le rôle joué par un acteur dans un projet est plus complexe que nous l'imaginons à première vue. À titre d'exemple, Kvan nous fait remarquer que nous avons trop souvent tendance à considérer un projet ou une phase d'un projet comme une activité collective fortement couplée voire monolithique (close coupled design process). Nous entendons par fortement couplée, un haut degré d'intensité dans les relations entre acteurs, matérialisé par des échanges constants. Ce type d'activité est caractérisé par un travail si proche qu'il est impossible de déterminer l'apport personnel d'un individu ou d'un groupe. En réalité, il est tout à fait possible (et même souhaitable d'un point de vue contractuel) d'identifier l'apport de chacun des acteurs impliqués dans le projet, le travail collectif se trouve donc plus morcelé que ce que l'intuition nous conduirait à penser. On parle dans ce cas d'une activité collective faiblement couplée (loose coupled design process). Nous allons voir de quelle

manière il nous sera possible de déterminer les rôles de chacun ainsi que les différentes phases et tâches qui composent un projet de bâtiment.

2.2.4 - Rôles spécifiques des équipes participant à un projet

Les acteurs intervenant au cours d'un projet sont liés par des contrats passés entre des collectifs d'acteurs (acteurs moraux) lors de la passation des marchés (entreprises, administrations, …). L'organisation interne des entreprises est indépendante de celle du projet, c'est le responsable de l'entreprise qui désigne qui va participer au projet. L'entreprise mobilise tout ou partie de ses effectifs pour réaliser le projet, cette proportion peut également être variable au cours du projet en fonction de la charge de travail ou des besoins spécifiques. Les acteurs participant à des moments différents du projet en fonction de leur capacité d'expertise, il est par conséquent difficile de déterminer à l'avance, quels vont être exactement les acteurs mobilisés et à quel moment du projet. Dans le domaine du bâtiment, les entreprises participant à un projet conservent une grande autonomie et peuvent par conséquent être concurrentes sur un projet et collaborer en même temps sur un autre projet (un projet en cours et un concours pour un futur projet).

Le rôle d'une équipe de projet est défini dans les contrats passés avant le démarrage du projet, ce rôle s'apparente à un '*rôle organisationnel*' car il permet de représenter l'organisation spécifique de chaque nouveau projet. Ce rôle lie les entreprises contractantes pour le projet et matérialise la participation d'une entreprise dans le projet, ce rôle est constant tout au long du projet. Comme nous l'avons mentionné plus haut, il n'est pas souhaitable d'affecter a priori les rôles à des catégories de professionnels, il semble donc préférable de définir les rôles opérationnels à partir des missions incombant à chaque équipe participant au projet, les collectifs d'acteurs assurant ces missions seront par conséquent définis dans chaque projet. Des exemples de rôles organisationnels sont : le rôle de maître d'ouvrage, correspondant au futur usager ou au commanditaire de la construction et le rôle de maître d'œuvre correspondant aux concepteurs de l'ouvrage.

2.3 - Les phases d'un projet de bâtiment

Pour Gero et McNeill, un projet de bâtiment rassemble une succession d'activités séquentielles et discrètes [Gero et McNeill 1988]. Les études menées par ces deux auteurs ont montré que les événements de conception ou de réalisation d'un projet architectural occupent un temps mesurable. Dans notre contexte, il nous est possible d'identifier les objectifs de ces activités par le bais des documents ou des services à produire. Ainsi, la vie du projet est marquée par des événements comme l'acceptation du permis de construire ou le lancement de la construction. Ils constituent en général des points d'arrêt pour le projet car ils correspondent soit à des validations en interne à l'équipe de projet, soit à des validations administratives. Ce type d'événement porte le nom de ***jalon***[12] en gestion de projet. Entre deux jalons sont positionnés des blocs de travail (work-package) qui correspondent à un

[12] Souvent appelés 'Milestones' dans les outils de coordination de projet.

objectif à satisfaire pour la réalisation du projet. Ces objectifs sont soit formalisés dans la loi (loi MOP), soit décrits dans les contrats avec une précision variable. Un bloc de travail est donc une activité contenant un certain nombre de sous-activités élémentaires, perçues comme des opérations lorsque l'on considère le projet dans sa globalité.

2.3.1 - Les étapes principales

Un point de vue aujourd'hui admis est d'identifier un 'double projet' dans les projets de bâtiments [Bobroff *et al.* 1993 p.56], dans le sens où il nous est possible d'identifier deux étapes distinctes dans la réalisation d'un projet de bâtiment. La première est une étape préparatoire focalisée sur la conception et la préparation du chantier, et la seconde est opératoire consistant en la réalisation du chantier.

La phase préparatoire, également appelée démarche amont dans l'industrie, est centrée sur la conception et la négociation de l'ouvrage. Cette phase doit permettre de traduire la demande du maître d'ouvrage en un programme, de concevoir l'ouvrage et d'organiser la consultation des entreprises. Elle est conduite par le maître d'ouvrage et par l'équipe de maîtrise d'œuvre.

La phase opératoire (démarche aval) est consacrée à la réalisation de l'ouvrage (préparation, mise en place des moyens nécessaires et exécution du chantier). Cette étape est prise en charge par les entreprises de construction, placées sous contraintes de coût, de délais et d'exigences de qualité.

À l'intérieur de ces deux grandes étapes nous pouvons identifier plusieurs phases qui correspondent à des moments-clés de la vie de l'ouvrage :

- La phase de conception et d'estimation du coût prévisionnel de l'ouvrage ;
- La phase d'appels d'offres et de préparation du chantier (choix constructifs, modes opératoires, méthodes et planning) ;
- La phase de réalisation du chantier (gros œuvre, second œuvre) qui peut donner lieu à de multiples sous-traitances ;
- Et enfin la phase de réception et de vie de l'ouvrage.

La précision du découpage de ces phases est fonction de la complexité technique ou contractuelle du projet. Pour un projet de petite taille, réalisé dans un contexte bien connu (la construction d'une maison individuelle par exemple), il n'est pas primordial de respecter avec précision un phasage rigoureux. Dans le cas d'un projet plus complexe (un équipement public ou un ouvrage d'art par exemple), soumis à la loi sur la maîtrise d'ouvrage publique, le respect des phases et leur découpage devient primordial (obligation contractuelle).

Actuellement, un ensemble d'initiatives destinées à réduire l'écart entre ces deux phases voient le jour notamment dans les pays nordiques et anglo-saxons [Wix et Katranuschkov 2002]. Ces efforts d'intégration se matérialisent par la mise en place de processus d'ingénierie concourante et par la définition de standards de communication communs à l'ensemble de la filière bâtiment (IFC, nomenclature de fichiers, etc…). Ce mode d'organisation émergeant dans notre domaine pose la question du statut et des nouvelles responsabilités que devront assumer les professionnels. Les débats actuels concernant l'introduction de marchés négociés en conception-construction conduisent nombre

d'auteurs à craindre qu'une vision trop industrielle de notre secteur, réduise, peu à peu, le rôle de l'architecte à un consultant optionnel, comme on peut le voir dans [Bobroff *et al.* 1993 p.62].

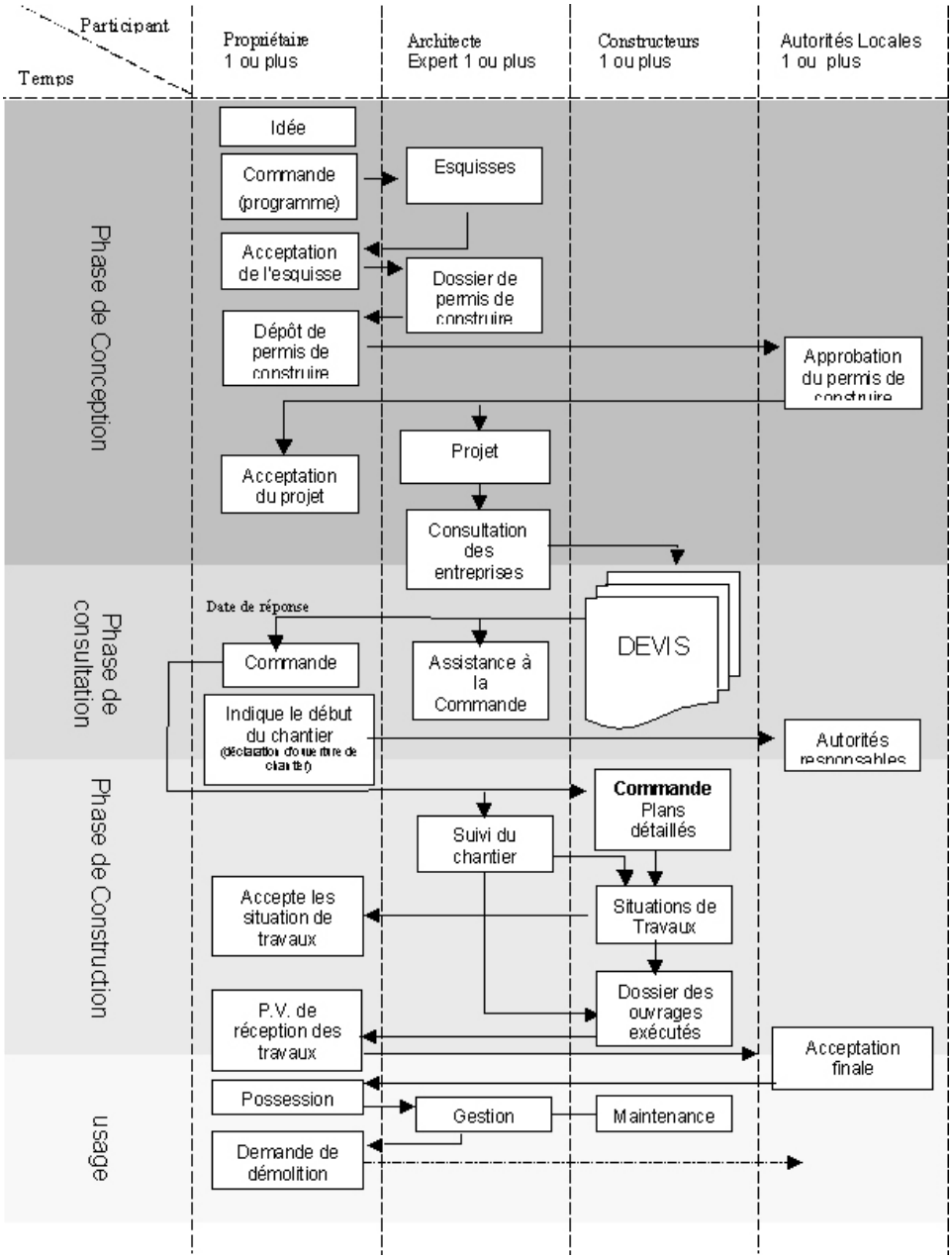


Figure 13 : Les étapes d'un projet de bâtiment en France[13].

Un projet architectural n'est cependant jamais monotone car chaque nouveau projet correspond à un contexte particulier, il serait donc illusoire de tenter de dégager un processus précis et reproductible d'un projet à un autre. L'analyse du contexte du projet et des règles décrites par les lois

[13] Illustration réalisée à partir de la description faite dans [Armand et Raffestin 1997].

françaises, nous permettent cependant de dégager plusieurs types 'fonctionnels' d'activités et d'identifier également des processus à un niveau macroscopique : phases découpées en tâches.

Au cours de ces phases, les acteurs produisent des documents et réalisent des ouvrages en fonction des contrats qu'ils ont passés entre eux. La réalisation de chacun de ces ouvrages constitue une activité à part entière du point de vue de la théorie de l'activité (une communauté, un objet et des règles). Ces activités s'enchaînent au cours de la réalisation du projet en formant un réseau entre les acteurs participant au projet (Figure 13). La description des phases et des tâches proposée par la loi MOP est donnée en annexe (Annexe 1 : p. 188).

2.3.2 - Les sous-activités - Périodicité (étapes de synthèse et de production)

Si l'on se réfère au schéma proposé par la théorie de l'activité, une étape (en tant qu'activité) est constituée d'opérations. La complexité de cette théorie réside dans le fait que, du point de vue d'un acteur ou d'un groupe d'acteurs, ces opérations peuvent être perçues comme des activités. Par exemple : la proposition d'une esquisse peut avoir le statut d'opération pour le client, alors que l'élaboration de cette esquisse constitue une activité découpée en actions et opérations pour l'agence d'architecture qui la réalise. De plus, un projet contient à la fois des activités de conception et des activités opérationnelles (ou des processus). Par exemple, la collecte des données ou la constitution d'une demande de permis de construire sont des processus opérationnels (processus connus et étapes clairement identifiées), le choix d'un parti architectural ou la réalisation de détails techniques ont par contre le statut d'activité de conception. Ces activités sont assemblées dans un processus cyclique, les acteurs agissant comme des experts individuels donnant leur point de vue sur la partie du projet qu'ils ont en charge de traiter au cours d'activités parallèles entrecoupées d'activités de négociation et d'évaluation [Kvan *et al.* 1997 ; Vera *et al.* 1998]. Nous retrouvons ainsi, dans les projets de bâtiment, les deux modes de conception que nous avons décrits dans le premier chapitre (p.27) : co-conception et conception distribuée. Ces deux modes de travail se succèdent de manière cyclique. Ainsi, un projet, même réalisé en ingénierie concourante, se traduit par une alternance de temps de co-conception et de conception distribuée (Figure 14). La co-conception se matérialise dans un projet de bâtiment par des réunions permettant de démarrer une nouvelle activité (réunions d'enclenchement), des réunions de travail permettant de résoudre un problème ou de rechercher de nouvelles idées et des réunions de synthèse destinées à valider ou consolider (fusionner) les travaux effectués de manière distribuée. Lors des étapes de conception distribuée, les acteurs produisent des documents et notifient les autres acteurs des changements et de l'avancement de leur travail afin de synchroniser leurs activités respectives (échange d'objets intermédiaires, dialogue, etc.).

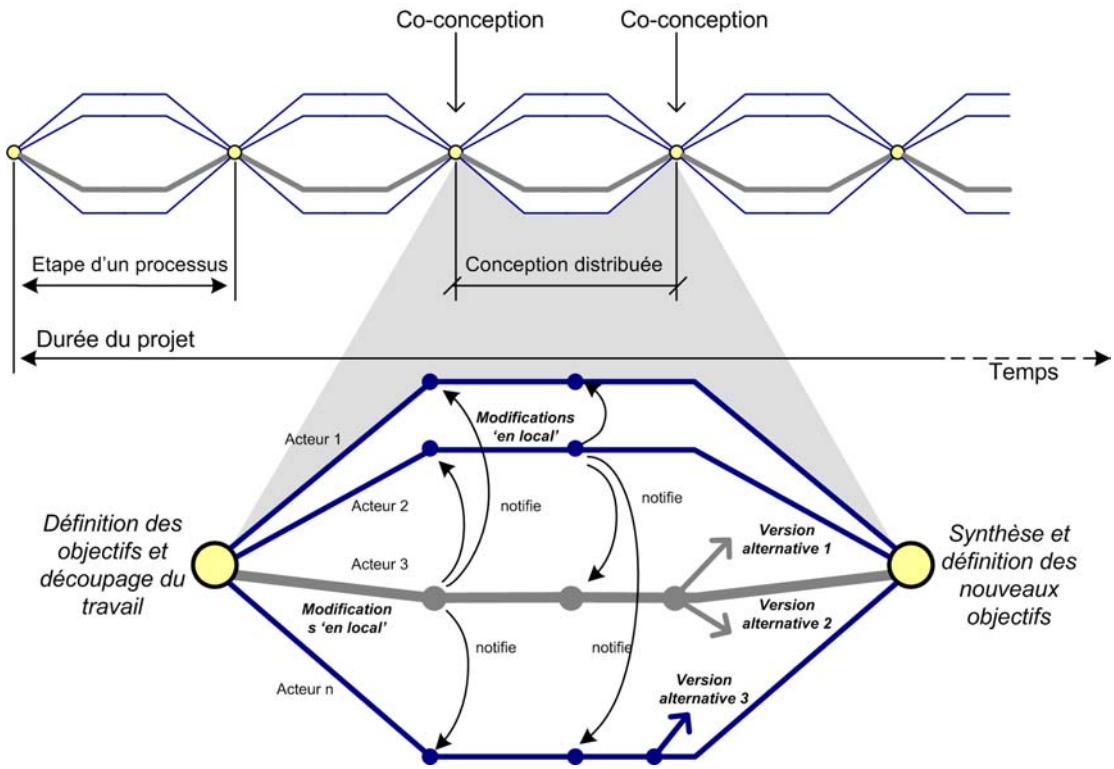


Figure 14 : Processus de conception concourant, conception distribuée et points de synthèse[14].

2.3.3 - Les tâches

La planification de ces activités se fait par l'identification de ***tâches***, représentant la prescription d'activités futures attribuées à un ou plusieurs acteurs. L'activité est exprimée en terme de « comment » [Hoogstoel 1995 p.8], alors qu'une tâche est utilisée pour traduire une intention, elle s'exprime en terme d'objectif (en terme de « quoi »).

Nous avons vu dans ce chapitre que nous nous plaçons dans le cadre de la conception d'un projet d'ouvrage. S'il est bien entendu possible d'identifier a priori un certain nombre d'activités à réaliser au cours de ce type de projets, cette formalisation se fait d'abord de manière diffuse, puis de plus en plus précisément au fur et à mesure de l'avancement du projet et de l'approche de l'objectif. Or, la planification d'une tâche nécessite, en principe, de connaître son objectif (objet de l'activité future), de connaître sa durée et de connaître les participants.

Le problème posé aux concepteurs étant incomplètement formalisé (voir p.25), il est possible d'identifier des jalons et des tâches à réaliser entre deux jalons, mais il est souvent impossible de prévoir la totalité de ces tâches ou leur enchaînement. Par exemple, lorsqu'un architecte commence une phase d'esquisse, il sait qu'il va devoir réaliser des plans, aller prendre des photographies ou réaliser une maquette, mais il ignore combien de fois il va devoir répéter ces tâches, quand et

[14] Illustration réalisé d'après [Turk *et al.* 1997].

combien de fois elles vont avoir lieu. De plus, certaines tâches peuvent, sous certaines conditions, être anticipées d'une étape sur l'autre. Les tâches sont de plusieurs types et utilisent des opérations (voir p.14) connues par les acteurs (Tableau 6). Elles se traduisent par des réunions, des temps de conception distribuée, la mise à jour de documents, etc.

D'un point de vue opérationnel, nous pouvons dire que les tâches ont également un état. En effet, lorsque le concepteur identifie une action à réaliser sans pour autant connaître avec précision les données qui lui sont attachées, cette tâche est dans un état d'attente, ensuite lorsque cette tâche est affectée à un acteur, elle devient active (puis en cours, …) puis lorsqu'elle a été effectuée (validée) elle passe dans un état d'inactivité (terminée). Une tâche peut également être suspendue dans son exécution si le responsable du projet désire privilégier une autre tâche jugée plus importante.

Types	Exemples de tâches	Opérations associées
Coordination	Définir la périodicité des réunions Répartir les ressources Assigner les rôles Définir les phases et les étapes de travail Consultation (Consulter les rôles et l'organisation) Signature des contrats	Communication Notification Prise d'information Synchronisation
Synthèse	Certification et ordres de paiement Consolidation de versions concurrentes d'un document Validation d'une situation de travaux ou d'un document Vote (choix en groupe d'une solution)	Communication Notification Prise d'information
Production	Manipulation d'objets en conception	Création Modification Suppression

Tableau 6 : Exemples de tâches et d'opérations.

2.3.4 - Synthèse

Ce chapitre nous a permis de déterminer de quelle manière les composantes de l'activité que nous avons décrites au cours du premier chapitre vont être réalisées dans un projet. Nous avons tout d'abord recherché les grandes caractéristiques d'un projet, puis nous les avons précisées dans le cadre du projet d'ouvrage bâti. Nous avons ensuite caractérisé les différents intervenants, dont nous avons isolé les différents rôles dans un projet, notamment le rôle organisationnel (i.e. maître d'œuvre, maître d'ouvrage, etc.) représentant les contrats passés entre les parties en présence.

Au chapitre précédent nous avons défini l'activité de conception comme une agrégation de sous-activités. Dans le cas de la conception d'ouvrages bâtis, le projet correspond à une activité englobante contenant des phases, composées de tâches (sous-activités). La caractérisation des différentes phases et tâches entrant dans un processus de conception et de réalisation, nous a permis de mieux connaître la structuration du projet, dont la modélisation fera l'objet du chapitre 4.

En préalable à cette modélisation, il nous reste à expliciter les modes de coordination et d'échange qui existent dans le domaine qui nous sert d'application.

Chapitre 3

LA COORDINATION DANS UN PROJET DE BATIMENT

La coordination regroupe les actions permettant d'ordonner et de réguler les activités d'un groupe d'acteurs afin de parvenir à un objectif. Les acteurs qui participent à un projet se coordonnent en utilisant des outils permettant de contrôler et de planifier leurs actions. La coordination est assurée en partie par l'utilisation de différents modes de communication : échanges d'objets, dialogues ou ordres. Les différents modes de coordination et de communication, que nous allons présenter dans ce chapitre, permettent aux participants à un projet de se synchroniser et de gérer l'exécution des tâches nécessaires à son accomplissement.

3.1 - Rapports de prescription et modes de coordination

3.1.1 - Coordination explicite

Pour Hatchuel, il y a 'organisation' dès que deux acteurs A et B conviennent mutuellement du fait que l'activité de l'opérateur B est *« au moins partiellement prescrite par l'acteur A »* [Hatchuel 1996 p.107]. Hatchuel s'appuie sur les travaux de Reynaud et de Girin pour montrer que la prescription est un mode d'expression des relations entre acteurs, marquant *« plus clairement que la notion de règle le rapport organisationnel qui lui donne naissance »* [Girin 1996 ; Reynaud 1992]. Un rapport de prescription n'est cependant pas toujours un rapport de subordination, toute relation de collaboration entre deux acteurs est générateur de prescription potentielle. Il existe également une gradation dans les rapports de prescription : une prescription forte et une prescription faible. La relation entre un coordinateur de chantier et les manœuvres mettant en place une installation est exemplaire d'une prescription forte, alors que les relations entre un maître d'ouvrage et un architecte dénotent une prescription faible (il y a dialogue, pas de subordination). À l'image de ce que nous avons vu au chapitre 1[15], les rapports de prescription sont transmis entre les acteurs par des artéfacts de coordination. Dans le cas d'une coordination explicite, les objets intermédiaires échangés seront prioritairement de type commissionnaire. Notons que le type de coordination ne conditionne pas le mode de travail des acteurs car il est tout à fait possible d'assister à une activité fortement couplée utilisant une prescription faible (et inversement).

La coordination explicite traduit les rapports de prescription apparaissant au cours de la réalisation d'un projet. Par exemple, lorsqu'un chef de projet demande à un projeteur de modifier un plan, il réalise un acte de coordination explicite prescrivant une tâche de modification au projeteur. Ainsi, la formalisation d'une tâche est une action d'orientation qui permet de fixer le but de la tâche et les conditions sous lesquelles il doit être atteint (temps, objectif, moyens, etc.).

Adopter une coordination fondée sur l'explicite découle de la volonté d'*intégrer* les pratiques d'un secteur d'activité dans des processus permettant de rationaliser et de renforcer les flux de production. Ces principes dérivent de théories que l'on pourrait qualifier de 'tayloristes' et sont appliquées généralement à des processus répétitifs. Dans ces processus, chaque étape étant parfaitement définie, il est possible d'isoler des tâches pouvant être découpées en sous-ensembles, affectées à des groupes d'acteurs différents, sous-traitées, etc. La décomposition d'un processus de production en sous-tâches indépendantes les unes des autres rend prépondérant le rôle d'un acteur 'pivot' assumant la coordination et la diffusion d'informations entre les équipes (Figure 15).

[15] Voir p. 23.

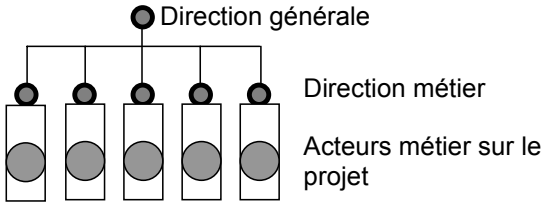


Figure 15 : Gestion hiérarchique[16].

D'un point de vue opérationnel ceci se traduit par la mise en place des procédures conduisant à suivre des protocoles d'échanges explicites entre les acteurs comme la mise en place de procédures ou de normes.

Une coordination exclusivement explicite se traduirait par ce que Maher appelle un mode de coordination dictatorial [Maher *et al.* 1998], c'est-à-dire un point de vue des acteurs focalisé sur le processus et un rôle déterminant joué par la hiérarchie. Dans une telle situation, le responsable décide qui réalise chaque étape, définit les objectifs et évalue seul les résultats.

3.1.2 - Coordination implicite et articulation de la tâche prescrite

Il existe le plus souvent un écart entre la tâche telle qu'elle a été prévue (prescrite) et le déroulement réel de l'activité correspondant à celle-ci. Cette différence montre la capacité d'innovation et d'adaptation des individus accomplissant la tâche [Anzieu et Martin 1994 ; Bannon et Schmidt 1989 ; Strauss 1985]. Cette marge est désignée par Robinson [Robinson 1991] sous le terme de ***travail d'articulation***.

La coordination implicite [Godart *et al.* 2001] permet aux acteurs d'interagir en dehors d'un contexte planifié et d'une prescription forte. Elle permet donc l'adaptation de l'activité à des imprévus ou des réorientations survenant au cours du projet. La possibilité d'adapter le mode de régulation du travail de groupe est crucial dans le cas d'activités de conception en recomposition permanente [Anzieu et Martin 1994 p.367]. Dans le domaine du TCAO, ce mode de coordination est proposé dans des outils flexibles permettant une modification du flot de travail ou des propriétés affectées aux acteurs au cours de l'exécution d'une activité collective [Bogia et Kaplan 1995 ; Denning 1994 ; Lonchamp 1998 ; Lonchamp et Denis 1997]. Une coordination basée exclusivement sur l'implicite se fonde sur l'échange spontané de la part des acteurs impliqués dans la réalisation de l'activité. Dans ce cas, les acteurs connaissent et partagent l'objectif de l'activité qui les rassemblent ; leurs orientations (voir p. 20) doivent non seulement être compatibles mais le plus souvent identiques. Un mode d'interaction *faiblement couplé* utilisera en priorité un mode de coordination implicite. Dans ce cas, les acteurs échangent et se préoccupent des problèmes auxquels pourraient faire face les autres acteurs. Ainsi, il est

[16]Illustration tirée de [Clark *et al.* 1998].

impossible de découper ou de sous-traiter une partie du travail. Maher qualifie de '*mutuelle'* ce type de collaboration au cours de laquelle les participants travaillent fréquemment les uns avec les autres, sans qu'aucun acteur n'aie de rôle prépondérant ou ne travaille sur la totalité du problème. Le résultat provient le plus souvent d'un consensus entre les participants.

Ce mode de coordination est basé sur l'identification et l'anticipation de problèmes (ou de conflits) potentiels, il est donc fortement dépendant de la qualité des communications entre acteurs. Ce mode de coordination requiert de la part des acteurs, de grandes aptitudes au travail de groupe. La persistance d'une telle coordination est par conséquent fragile et difficile à maintenir en place car elle repose sur des facteurs humains et non procéduraux.

Au cours de la réalisation d'une activité, les initiatives implicites des acteurs conduisent à planifier et à prescrire de nouvelles activités (tâches, etc.), nous pouvons donc dire que « *l'implicite est générateur d'explicite* ». Ce point est crucial pour la compréhension d'une activité de groupe utilisant une grande part de coordination implicite car lorsque l'on recherche à analyser une activité, les seules traces de coordination qui persistent sont de l'ordre de l'explicite.

3.1.3 - Les dépendances entre activités

Les travaux de Malone et Crowston [Malone et Crowston 1994 ; Malone *et al.* 1993] ont conduit à démontrer la présence de dépendances entre les activités d'un groupe de collaborateurs. Par dépendance, nous entendons la relation de contrainte exercée par une activité sur une autre au cours de la réalisation d'un projet. Les travaux de ces auteurs mettent en avant trois dépendances prépondérantes : la diffusion, la simultanéité et le partage. La résolution de ces dépendances nécessite des mécanismes de coordination que nous détaillerons dans ce paragraphe, lorsque nous porterons notre attention sur les modes de coordination et sur l'instant du projet où ceux-ci s'exercent de manière privilégiée.

La dépendance de diffusion (appelée 'flow') indique qu'une activité a besoin de l'information produite par une autre activité pour être réalisée. C'est le cas de tâches appartenant à une activité effectuée de manière séquentielle, comme la constitution d'un dossier de consultation qui nécessite la réalisation préalable de quantitatifs et de descriptifs.

La dépendance de simultanéité (appelée 'fit') indique qu'une activité doit réunir les activités de plusieurs acteurs, c'est le cas typique de la réunion entre des acteurs devant faire la synthèse d'une phase d'un projet. L'expression de cette dépendance est également présente sous le terme de co-temporalité chez d'autres auteurs [Johansen 1988]. Cette dépendance n'implique pas nécessairement une co-localisation des acteurs. Une co-localisation est uniquement nécessaire lorsque les acteurs doivent interagir physiquement, dans le cas contraire des outils permettent de s'abstraire de cette dépendance.

La dépendance de partage (appelée 'share') indique qu'une activité nécessite le partage (ou la fusion) d'une ressource unique entre plusieurs activités, c'est le cas lorsque des dessinateurs

produisent plusieurs variantes d'un bâtiment. Il est nécessaire de faire la synthèse de ces versions au cours d'une réunion par exemple.

Dépendances	Modes d'interaction
Simultanéité	Co-conception, planification collective, collaboration fortement couplée
Diffusion	Conception distribuée, travail en mode séquentiel, collaboration faiblement couplée
Partage	Conception distribuée, découpage du travail

Tableau 7 : Exemples de dépendances et de modes d'interaction.

Ces dépendances prendront de l'importance lorsque nous déterminerons les fonctionnalités permettant de supporter un cas particulier d'activité.

3.1.4 - Coordination explicite et implicite dans un projet de bâtiment

Le type d'organisation varie non seulement selon le type de projet mais aussi au cours de la vie d'un projet, entre l'étape de conception et l'étape de production. Les auteurs s'accordent pour dire que dans la plupart des cas nous sommes en présence d'une situation mixte. Ainsi, les acteurs participant à un projet planifient les activités qui vont leur permettre de réaliser le projet qui les rassemblent. Lors de la réalisation du projet, les acteurs vont devoir se coordonner mais aussi adapter le processus de projet en définissant de nouvelles activités (régulation). Ces deux notions sont mises en application par des mécanismes de coordination explicite et implicite des acteurs impliqués dans le projet [Godart *et al.* 2001].

L'organisation des équipes de projet oscille entre coopération et collaboration, du moins dans le domaine que nous étudions. Lorsque nous avons défini ces deux termes (p. 20), nous avons souligné le caractère informel véhiculé par l'idée de coopération. Dans un projet, les situations de coopération utilisent prioritairement une coordination implicite alors que les situations de collaboration vont recourir à une coordination plus explicite.

La composante explicite d'un projet se traduit par la passation de contrats entre les différents intervenants, définissant les missions et les devoirs de chacun. La composante collaborative s'exprime soit au sein de chaque entreprise contractante, soit entre des co-traitants. La répartition entre explicite et implicite varie en fonction du type de production considérée. Dans le domaine du bâtiment, nous pouvons constater que les phases de conception sont plus proches d'une organisation basée sur de l'implicite et que les phases de construction sont plus propices à une organisation explicite (possèdent un processus bien défini).

Dans un mode de coordination explicite, nous assistons à des relations de sous-traitance entre les acteurs ; les contraintes et les objectifs étant formalisés, chaque sous-traitant peut travailler de manière autonome. La coopération, résultant de cette situation, peut par conséquent se limiter à des relations ponctuelles au moment de la validation et lors des transmissions d'informations. Dans un mode de coopération implicite, les relations entre les acteurs sont du type co-traitance.

Les interactions entre les acteurs ont lieu tout au long du projet, ce qui peut favoriser la résolution de certains problèmes dès leur apparition.

3.2 - Méthodes de gestion de projet

Les moyens dont disposent les acteurs participant à un projet sont principalement de deux types : les démarches et les procédures. Pour simplifier, nous pouvons considérer que ces deux types permettent d'instrumenter les deux modes de coordinations que nous avons définis plus haut : les démarches sont plus orientées vers la proposition de solutions à des acteurs désirant améliorer leur coopération dans une activité alors que les procédures ont pour finalité de pérenniser et de renforcer des relations explicites et hiérarchiques. Les procédures tendent vers une normalisation des échanges alors que les démarches se rapprochent plutôt d'un 'code de bonne conduite' ou de 'bonnes pratiques'.

3.2.1 - La démarche qualité

La démarche qualité se pose comme la formalisation organisationnelle de l'interrogation '*comment puis-je mieux faire ce que je suis en train de faire ?*'. Cette préoccupation est traduite par [Debaveye *et al.* 1998] dans les préceptes suivants :

- Préparer avant d'entreprendre : il s'agit d'amplifier le rôle des tâches en amont afin de mieux définir les objectifs, le programme de l'opération, les outils de communication et de dialogue avec la maîtrise d'ouvrage afin d'anticiper plutôt que de subir ;
- Réaliser ensemble : considérer l'ensemble des acteurs qui vont progressivement se regrouper autour d'un projet. Cette équipe doit se donner les moyens d'atteindre la qualité requise de l'ouvrage qu'ils ont conjointement la responsabilité de réaliser ;
- Vérifier les interfaces : identifier, contrôler et bien transmettre les informations d'un acteur à l'autre. Cette étape peut passer par la mise en place d'un vocabulaire commun ;
- Améliorer les savoir-faire : tirer des leçons des expériences passées afin d'introduire les facteurs de progrès dans les réflexions futures.

Ce dernier point fait appel au cercle vertueux '*préparer-réaliser-vérifier-améliorer'*, issu des travaux de Deming [Deming 1986].

La démarche qualité doit permettre un renforcement de la communication entre les acteurs et une capitalisation du savoir [Cruchant 1993]. Après une période d'intense activité autour des démarches et des processus 'qualité' les acteurs semblent regretter le manque de moyens permettant de maintenir en place une démarche tout au long d'un projet. L'application de collecticiels pourra résoudre ce problème en automatisant les processus contraignants (nomenclature des fichiers par exemple) et en facilitant le diagnostic de situations critiques.

3.2.2 - L'ingénierie concourante

L'ingénierie concourante présente une approche complémentaire à la démarche qualité car elle se focalise en priorité sur l'organisation de l'entreprise (et moins sur l'administration des échanges). La mise en place de l'ingénierie concourante nécessite d'avoir une vision globale de l'organisation et du fonctionnement de l'entreprise ou du groupe sujet. Les travaux menés par Midler [Midler 1993b] dans le domaine industriel puis leur application au secteur du bâtiment [Jouini et Midler 1996] mettent en avant six principes nécessaires à la mise en place d'une ingénierie concourante :

- Le *rôle prépondérant du chef de projet* ou du mandataire dans le cas d'une cotraitance qui prend en charge la responsabilité de la mise en œuvre des moyens nécessaires pour la réalisation du contrat passé avec le maître d'ouvrage. Ce point s'inspire de la composante hiérarchique inhérente à tout travail en groupe ;
- Le *refus d'appliquer des solutions standards* mais la prise en compte des spécificités du projet ;
- La *recherche de solutions à un échelon global* prenant en compte tous les aspects du projet par opposition à une juxtaposition de problèmes locaux ;
- La *prise en compte dès le début de la conception de tous les paramètres du projet*, y compris la mise en œuvre et la maintenance. Cette anticipation se fait d'abord de manière grossière puis de plus en plus précisément jusqu'à la réalisation du projet ;
- La *prise en compte de l'incertitude propre à toute démarche de conception* et la transparence des structures impliquées dans l'opération afin d'éviter l'accumulation d'erreurs et d'encourager la vigilance de chacun. Ces dispositions visent à éviter des retards ou des surcoûts imputables à des défauts de communication à l'intérieur de l'équipe de conception ;
- L'*ouverture à l'innovation* : être à l'écoute de toute proposition permettant d'améliorer le service fourni au maître d'ouvrage tout en préservant l'essence architecturale du projet.

Les exemples d'application de ces démarches dans notre domaine ont pour la plupart été réalisés sur des projets de grande envergure [Tahon 1997] ou pour des phases de construction. Plus généralement, ces pratiques s'adressent en priorité aux entreprises de construction désirant optimiser leur fonctionnement afin d'augmenter leur compétitivité.

L'idée de fournir un support informatique à ces pratiques [AFITEP 2000 p.261] date des années 1980 avec le projet CALS (Continuous Acquisition and Life-Cycle Support), initié par l'armée américaine et destiné à augmenter la fiabilité de la conception de systèmes d'armes complexes. Ce projet a par la suite trouvé un développement civil et à conduit à la mise en place d'un standard d'échange utilisé par un grand nombre de concepteurs de logiciels d'ingénierie concourante. Dans le bâtiment, des développements de cette problématique peuvent être retrouvés dans la mise en place des Industry Foundation Classes (IFC), standard d'échange destiné à fédérer et à rendre interopérables les différents logiciels 'métiers'.

3.2.3 - La méthode d'analyse de la valeur

La méthode d'analyse de la valeur est apparue après la Seconde Guerre mondiale aux États-Unis afin de réduire les coûts industriels et s'est répandue dans le reste du monde à partir des années 1960. L'analyse de la valeur a été introduite dans le secteur du bâtiment français, au début des années 1970 sous l'impulsion du « plan construction » lancé par le ministère de l'Équipement. Cette méthode a été appliquée à de nombreux secteurs d'activités et a pour objectif de réduire les coûts de production tout en préservant la qualité ou la performance des produits visés, elle s'applique à la conception de produits nouveaux ou à l'amélioration de produits existants. Le terme de valeur tel qu'il est entendu dans cette méthode peut concerner des éléments autres que le coût (fiabilité, poids, délais, etc.). Il est par conséquent nécessaire de déterminer les critères pris en compte lors d'une telle analyse, puis la manière dont sera évalué l'adéquation d'une proposition à ces critères.

La méthode utilise une analyse fonctionnelle permettant de déterminer les attentes en termes de services (usage, esthétique, etc.), les performances techniques à obtenir et les contraintes à supporter. La démarche consiste ensuite à rechercher, ordonner, caractériser et hiérarchiser les fonctions du produit attendu par l'utilisateur. Le principe proposé par cette méthode est d'identifier des coûts annexes afin de les limiter au maximum.

D'un point de vue opérationnel, il existe de nombreux diagrammes et de méthodes d'aide à la décision permettant de mettre en place une méthode d'analyse de la valeur (arbre de fonctions, histogrammes coût/fonction, méthodes FAST, méthode SWING [Quarante 2001 p.533-543]). Dans une entreprise, la mise en œuvre d'une telle méthode passe le plus souvent par la présence d'un spécialiste assurant le suivi méthodologique, la coordination des équipes de travail et la mise en relation des professionnels compétents afin de résoudre collectivement le problème posé [Quarante 2001 p.529].

Cette méthode paraît difficile à appliquer au cours d'une étape de conception d'ouvrages bâtis car elle requiert une connaissance précise des fonctions (techniques ou esthétiques) remplies par l'ouvrage, or, nous avons montré que dans le cas de la conception, les attentes ne sont jamais formalisées avant le début du projet. Les concepteurs ne disposent donc pas des éléments nécessaires pour l'application d'une telle méthode au cours de la conception d'ouvrages.

3.2.4 - Méthodes d'optimisation de processus

Il existe de nombreuses autres techniques de management de projet appliquées principalement dans le domaine des entreprises manufacturières car elles introduisent des modifications efficaces sur le long terme. Certaines de ces solutions méritent d'être citées :

- Le 'Total Quality Management' (TQM), aussi appelé 'Continuous Process Improvement', utilise les concepts développés entre autre par Deming afin de fiabiliser les processus d'une entreprise (Figure 16). Cette méthode procède de manière incrémentale en se basant sur les processus existants, améliorés en analysant localement les défauts apparaissant au cours de leur exécution [Davenport 1993].

- Le 'Business Process Reengineering' (BPR) est une solution radicale [Hammer et Champy 1993] de redéfinition des processus en œuvre dans une entreprise. Cette méthode procède par l'identification de processus défaillants et le remplacement par d'autres processus radicalement différents. Après un engouement important au début des années 1990, le BPR a été peu à peu abandonné en raison de son caractère trop contraignant pour les usagers.

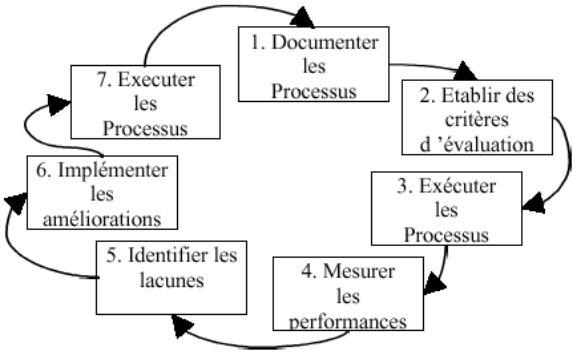


Figure 16 : Processus Total Quality Management (TQM).

3.3 - Méthodes de planification

Selon le type de projet et sa complexité, il est possible d'utiliser différentes méthodes de planification. Le mode de représentation graphique est particulièrement adapté pour la représentation de ce type d'informations. Ces graphiques permettent de vérifier en permanence l'état d'avancement d'un projet et d'anticiper les dépassements de délais en corrigeant à temps les écarts entre les prévisions et la situation réelle. Les deux méthodes les plus utilisées sont la planification par chronogramme de Gantt et la méthode PERT.

3.3.1 - Diagrammes de Gantt

La méthode conçue par H. L. Gantt, ingénieur américain et technicien de l'organisation scientifique du travail, met en évidence sur un calendrier les différentes opérations constitutives d'une tâche ou d'un projet en indiquant leur durée. Ce graphe permet de suivre l'avancement des activités d'un projet et permet une visualisation simultanée des tâches planifiées et des tâches effectuées. La simplicité de cette méthode permet aux acteurs d'avoir une vision simple et globale de l'état dans lequel se trouve le projet, ce qui en fait un outil de coordination appréciable.

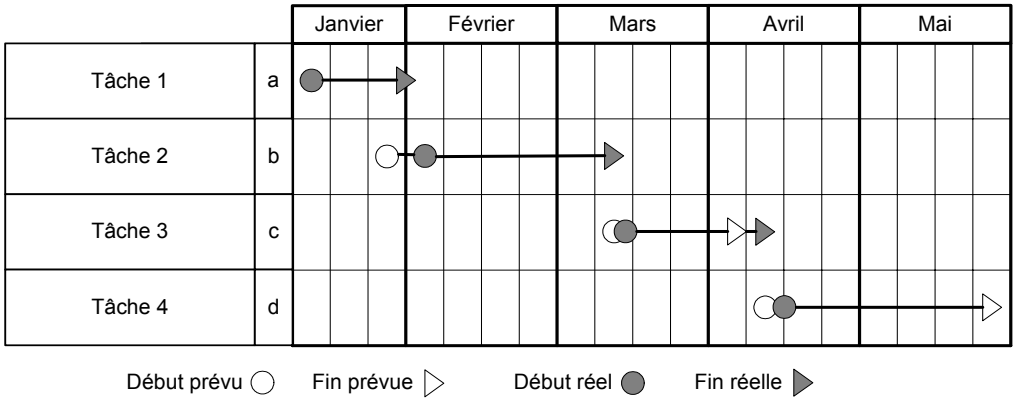


Figure 17 : Exemple de diagramme Gantt.

Cette méthode est plus orientée vers le suivi que vers le diagnostic.

3.3.2 - Diagrammes PERT

La méthode PERT (Program Evaluation an Review Technique), élaborée par la marine américaine et expérimentée en 1957 au cours du projet de missile *polaris*, permet la coordination et la visualisation des tâches dans le temps.

L'apport de cette méthode est la possibilité de diagnostiquer les blocages potentiels par le tracé d'un chemin critique (chaîne de tâches influant directement sur la durée globale du projet). La mise en place d'un diagramme PERT nécessite:

- D'avoir opéré un découpage du projet en activités élémentaires ;
- D'avoir déterminé un ordonnancement des tâches dans le temps ;
- D'avoir estimé la durée de chacune de ces tâches.

Un diagramme PERT se construit sous la forme d'un réseau de nœuds et d'arcs orientés. Il existe deux méthodes de représentation du diagramme : soit ce sont les arcs qui représentent les tâches, soit ce sont les nœuds.

Le diagramme est réalisé en exprimant les tâches et les contraintes logiques identifiées pour la réalisation d'un processus de travail. Il est donc indispensable d'établir une liste des tâches avec leurs contraintes associées.

Pour être efficace, il est nécessaire de bien connaître l'enchaînement des tâches décrites dans le réseau PERT, ce qui réserve cette méthode aux projets de type opérationnel ou aux processus d'entreprise.

La méthode PERT est un outil de diagnostic, permettant de faire ressortir les dépendances entre tâches. Elle reste cependant peu lisible par les collaborateurs d'un projet. Une fois établi, un réseau PERT peut être traduit en diagramme Gantt afin de le diffuser plus aisément.

Désignation de la tâche		Durée (jours)	Contraintes : tâche précédente
Signature du contrat	(a)	0	Précède toutes les autres tâches
Elaboration des plans d'exécution	(b)	15	
Installations de chantier	(c)	5	Après tâche b
VRD	(d)	10	Après tâche b
Dalle RDC	(e)	20	Après tache c
Entrée garage	(f)	15	Après tâche d et après tache e
Approvisionnement briques étage 1	(g)	1	Après tâche c et après tâche e
inspection	(h)	3	Toutes taches terminées

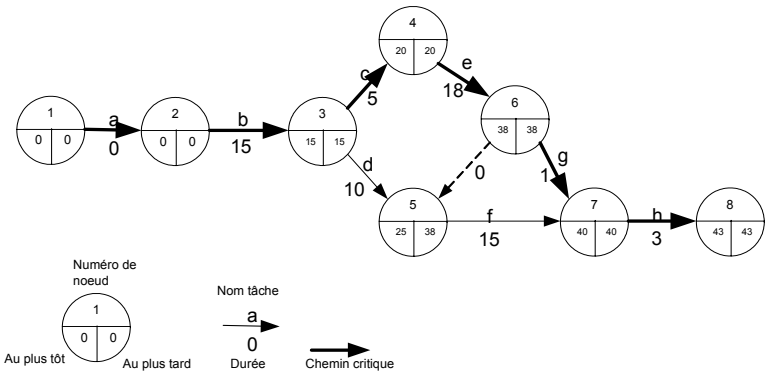


Figure 18 : Exemple de diagramme PERT[17]

3.4 - Vecteurs de communication

Nous avons montré au chapitre 1 (p. 21) que la communication sert la coordination en permettant l'échange d'idées ou de concepts à travers le dialogue et la transmission d'objets intermédiaires. Le dialogue représente un échange d'informations non persistantes dans le sens où un dialogue se fait dans l'instant. Un débat ou une négociation peuvent être transcrits ou même enregistrés mais leur caractère opérationnel est constitué par l'apport d'au moins deux acteurs construisant ensemble ce qui va devenir le dialogue. Ainsi, une transcription est d'un autre ordre, elle pérennise un 'résultat' ou un point de vue sur ce qui a été le fruit de la négociation. Les objets intermédiaires servent les activités de co-conception et de conception distribuée en assurant une synchronisation cognitive entre les acteurs impliqués [Michinov 2001].

3.4.1 - La réunion

Le domaine du bâtiment est historiquement orienté vers l'oral [Bignon *et al.* 1998], la réunion y prend par conséquent une importance toute particulière. La réunion est le moment privilégié pour la négociation (architecte-client ; client-entrepreneur ; etc..) et se retrouve tout au long du processus de réalisation du projet. Dans les premières phases du projet, nous retrouvons principalement des réunions destinées à mettre en place les protocoles d'échanges et des réunions permettant de formaliser les attentes du maître d'ouvrage puis des réunions de 'créativité'.

[17] Exemple réalisé d'après [Quarante 2001 p.422] et à partir des tableaux proposés par [Fénelon 1981 ; Lissargue 1975].

Ensuite, au cours de l'édification de l'ouvrage, la réunion occupe plutôt une fonction de validation et de gestion des tâches (réunion de chantier).

Les types de réunion que nous pouvons identifier dans le domaine du bâtiment sont :

- Réunion de créativité (brainstorming) ;
- Réunion d'enclenchement ;
- Réunion d'évaluation, de synthèse et d'intégration …

La persistance des décisions ou des réflexions menées au cours d'une réunion se fait par la constitution d'objets intermédiaires permettant d'assurer la transmission de comptes-rendus ou de pièces graphiques annotées.

3.4.2 - Les documents

Les documents sont les objets intermédiaires les plus couramment utilisés au cours de la phase de conception d'un projet de bâtiment. Ils servent à la fois de vecteur d'échange et de mémoire du projet (plans, textes, documents métier..). Les documents produits au cours de cette activité sont variables en type et en proportions. Le document, tel que nous l'entendons ici, n'est pas limité à une pièce graphique ou un fichier de dessin, il concerne également ce que nous pouvons appeler un ***document métier***, relatif à la satisfaction d'un point du contrat passé avec le maître d'ouvrage tel qu'un dossier de permis de construire, un CCAG, un CCTP (etc.) mais aussi les documentations permettant de capitaliser une connaissance ou encore les documents servant de support à la recherche de chaque acteur.

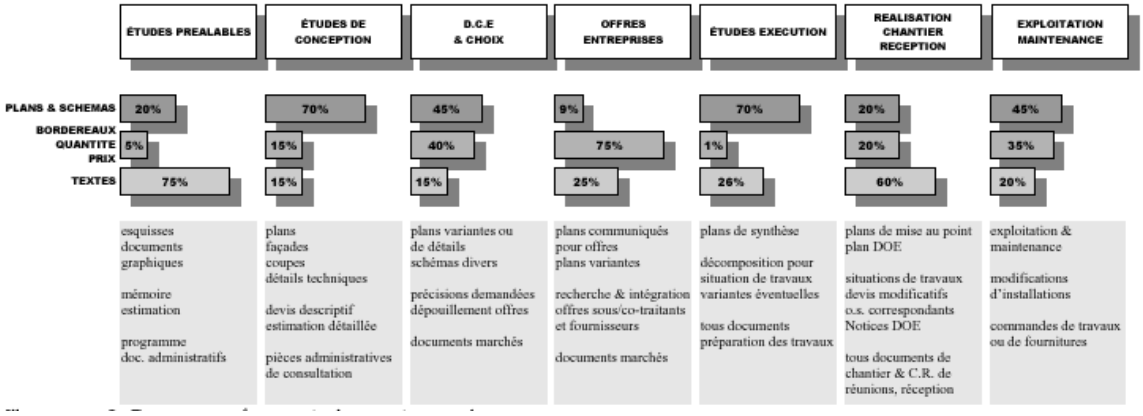


Figure 19 : Les documents produits au cours d'une opération de construction[18].

Olivier Malcurat a proposé dans sa thèse [Malcurat 2001 p.19] de catégoriser les documents au cours d'un projet en dégageant trois familles de documents :

- Les **inter-documents** qui véhiculent l'expérience collective et le savoir du domaine (livres, normes, lois, …) ;

[18] Extrait de [Rochas et Dusart 1996 p.25].

- Les **intra-documents** qui sont propres à un acteur et qui n'ont pas vocation à être échangés (croquis, notes sur un cahier, …) ;
- Les **extra-documents** qui servent à échanger et qui permettent le travail de groupe (documents graphiques, pièces de marchés, …), à l'intérieur desquels nous pouvons isoler les sous-types suivants :
    - Document métier
    - Plans
    - Maquette numérique
    - Supports au découpage du travail
        - Prescriptions
        - Contrats
        - Plan qualité
    - Supports de coordination
        - Correspondance
        - Rapports
        - Plannings

Les documents étant destinés à produire un objet unique, ceux-ci sont bien entendu liés les uns aux autres. Nous pouvons identifier quelques-unes de ces relations :

- Lorsqu'un plan utilise un autre plan comme fond (référence externe dans les outils de DAO) ;
- Lorsqu'une nouvelle version d'un document est créée ;
- Lorsqu'un extra-document se réfère à un inter-document (une loi, un contrat, etc.) ;
- Lorsqu'un document suit les recommandations données dans un compte-rendu de réunion ou sur une version annotée.

Nous constatons également que la signification portée par un objet intermédiaire, tel que nous l'avons défini page 23, est ici répartie entre plusieurs fichiers. Un acteur doit donc reconstruire cet objet intermédiaire en comparant ou assemblant plusieurs fichiers (au sens informatique).

3.4.3 - L'accès aux objets partagés

Lorsque plusieurs acteurs doivent accomplir une tâche, il est fréquent qu'ils utilisent des ressources communes. Celles-ci peuvent être des outils (machines mises en commun par exemple), des documents (plans, textes, etc) ou des acteurs (manœuvres sur un chantier). L'accès à ces ressources partagées constitue un des points délicats de la mise en place d'un travail de groupe et découle du mode d'organisation choisi pour le projet. Les niveaux de simultanéité d'accès définis par Ellis et Wainer [Ellis et Wainer 1994] lors de leur définition des outils d'assistance au travail de groupe nous permettent d'aborder cette question.

Le niveau le plus bas est le ***travail séquentiel*** dans lequel les objets sont utilisés par un acteur à la fois, par exemple lorsqu'un maçon utilise une truelle, celle-ci est indisponible pour ses collègues ou encore lorsqu'un auteur écrit un texte, celui-ci est inaccessible pour les autres acteurs.

Le second est le ***travail en parallèle***. Dans ce cas, chaque activité effectuée en parallèle utilise un ensemble d'objets spécifiques et aucune interférence ne peut arriver entre ces tâches. Par

exemple, lorsque deux auteurs sont en train de rédiger un ouvrage en s'occupant chacun d'un chapitre différent, ces activités sont simultanées mais n'interfèrent pas (ne partagent aucun objet), elles constituent ce qu'Ellis et Wainer appellent des ***tentatives*** différentes.

Le troisième niveau apparaît lorsque deux (ou plusieurs) co-auteurs réalisent des versions alternatives d'un document. Il s'agit d'un cas de ***concurrence additive*** (additive concurrent) car les acteurs peuvent créer de nouveaux objets ou de nouvelles 'versions' des objets existants sans pour autant être autorisés à modifier simultanément le même objet. Un acteur crée un 'sous-ensemble' d'objets qu'il peut modifier, ce sous-ensemble n'a pas d'intersection avec les sous-ensembles des autres participants. Il n'y a pas de modification simultanée d'un objet, il ne nécessite donc pas de système complexe de coordination au niveau des objets. Dans le système IBIS [Rein et Ellis 1991] par exemple, chaque participant peut uniquement ajouter des objets et les lier aux autres mais ne peut modifier ses propres objets. Apparaît alors un problème lié à la stabilité des documents car un participant peut accéder à une version obsolète d'un document. L'information de l'état des documents doit donc être propagée entre les participants, c'est le rôle joué par la **notification**. Les mécanismes de mise à jour peuvent être automatiques ou manuels, dans ce cas le participant est responsable de la mise à jour du système. Par exemple, dans un système d'email, l'utilisateur doit faire l'action de 'chercher les nouveaux messages' afin de connaître les nouveaux emails qui ont pu arriver.

Un dernier niveau de ***concurrence totale*** (fully-concurrent) est rencontré lorsque plusieurs acteurs ont la possibilité de modifier les mêmes objets en même temps. Cette situation se retrouve par exemple lorsque deux dessinateurs colorient un même plan en même temps. Ceux qui ont eu l'occasion d'expérimenter ce type de situation comprendront aisément la difficulté que rencontrent les chercheurs travaillant au développement de systèmes permettant la modification synchrone d'objets. Ces systèmes doivent en effet, pouvoir gérer les modifications concurrentes sur des objets, mais aussi supporter la notification en temps réel des participants sans créer de surcharges cognitives.

Dans l'état actuel de notre domaine, les acteurs impliqués dans un projet utilisent des 'objets' du même type (plan, esquisse, etc…) mais travaillent rarement sur le même objet. Le découpage en plan, coupe, élévation, etc… permet de répartir le travail entre les acteurs en limitant les interférences. Nous sommes actuellement en présence d'accès à l'information de type séquentiel, parallèle ou de concurrence additive. Cette situation devrait évoluer avec la généralisation de la maquette numérique partagée. Dans ce cas de figure, les acteurs partageront le même objet (maquette numérique) qu'ils modifieront de manière totalement concurrente, à l'image de ce qui a déjà lieu dans l'industrie automobile ou aéronautique [Dunyach et Moore 2001].

3.4.4 - La gestion des documents

Régler les problèmes d'accès aux objets partagés est une question largement antérieure à l'introduction de l'informatique dans la gestion du travail collectif, et apparaît dès lors que des documents sont diffusés à plusieurs acteurs. Dans ce cas, il devient impératif que chacun sache si

le document qui est en sa possession est à jour et s'il est dans un état stable. De même, un acteur doit pouvoir retrouver simplement quelles sont les différences entre deux versions et quelle est la version la plus à jour. Les normes (iso 900X) et les méthodes d'assurance qualité que nous avons mentionnées ci-dessus, proposent un certain nombre de solutions à ce type de problème. Parmi ces solutions, nous pouvons citer :

- La rédaction des cartouches de documents en indiquant le nom de l'auteur, l'indice de révision, l'état, la liste des versions antérieures ;
- L'uniformisation des couches de dessin (nom, couleur et ordre) pour les plans informatisés afin de permettre les échanges sans pertes mais surtout sans malentendus entre les acteurs.

Lorsque l'échange se fait par le biais de fichiers informatisés, il devient nécessaire de mettre en place un système permettant aux acteurs de retrouver simplement le contexte lié à un fichier qui est en leur possession. L'information concernant un fichier qui est la plus directement accessible est son nom, il apparaît donc logique de tenter de tirer parti du nom pour donner de l'information concernant le contexte d'un fichier. La première idée qui nous vient à l'esprit, lorsque nous abordons ce problème, est de tenter de reporter le contenu d'un cartouche, à l'intérieur du nom de fichier. Le nombre de caractère alloué à ce nom dans les systèmes courants et le manque de lisibilité de noms trop longs, nous conduisent rapidement à rechercher des solutions plus codifiées. L'uniformisation de la dénomination des fichiers échangés entre les acteurs fait encore l'objet de discussions à l'intérieur des fédérations professionnelles mais nous pouvons dégager une structure semblable dans les propositions qui sont faites. La Figure 20 montre un exemple de nomenclature réalisé à partir des différents systèmes disponibles et adaptés au modèle que nous développons.

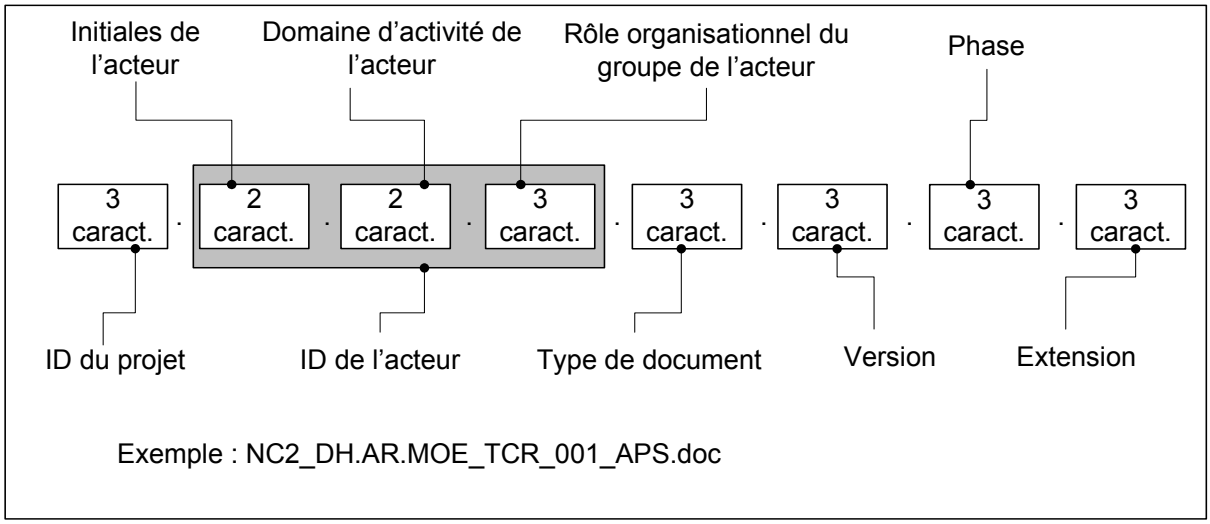


Figure 20 : Exemple de nomenclature d'un fichier[19].

[19] Le détail de la structuration employée dans les démonstrateurs Bat'Group et Bat'Map est visible en annexes (p. 192).

3.4.5 - La régulation de l'activité par l'utilisation de requêtes typées

Les acteurs impliqués dans une activité collective échangent de l'information pour se synchroniser et se coordonner. Cet échange se fait toujours de manière 'orientée' car lorsqu'un acteur envoie un document ou de l'information, il associe toujours un traitement attendu à cet envoi d'information. Le concept de requête typée [Malcurat 2001 p.103-104] est la formalisation de ces interactions entre acteurs. La proposition formulée par Malcurat est d'intégrer le document et les traitements devant lui être appliqués par le destinataire dans un message typé et identifie six types de requêtes :

- Requêtes pour consultation ;
- Requêtes pour information ;
- Requêtes pour avis ;
- Requêtes pour validation ;
- Requêtes pour l'obtention du droit de validation ;
- Requêtes pour modification ;
- Requêtes pour invitation ;
- Requêtes libres.

Ce système de requêtes pose les bases d'une évolution des outils de messagerie qui permettrait de renforcer la valeur et la portée de l'échange en le replaçant dans son contexte. Ainsi, le destinataire d'une requête prend connaissance des attentes de l'expéditeur en même temps que du document concerné. Notre analyse nous conduit à modifier légèrement la structuration proposée par Malcurat afin de l'adapter au projet en cours de conception, tel que nous l'avons défini plus haut. Les requêtes permettent d'initier des processus de validation ou de révision de document au cours de la réalisation des tâches appartenant à un projet. Par conséquent, nous considèrerons que la requête est une action de coordination implicite permettant à un acteur d'échanger ou de se coordonner. Nous retiendrons les types de requêtes suivants :

- Pour avis : l'auteur de la requête attend un avis du destinataire avant de continuer le traitement. La réponse peut être soit positive, soit contenir une demande de modification (requête pour modifications). Le destinataire d'une requête pour avis se voit attribué le rôle de consultant pour la tâche considérée ;
- Pour information : l'auteur de la requête informe simplement le destinataire sans attendre de réponse ;
- Pour validation : l'auteur de la requête attend une validation du destinataire. La réponse peut être soit positive (le document est validé) soit comporter une requête pour modification ;
- Pour consultation : l'auteur de la requête informe le destinataire et désire savoir si ce dernier a pris connaissance de l'objet de la requête (cf : accusé réception) ;
- Demande de document : l'auteur fait valoir son droit auprès du destinataire en demandant l'envoi d'un document ;
- Demande de modification : l'auteur demande au destinataire de modifier spécifiquement un document en indiquant le document et les modifications à opérer ;
- Demande de réunion : l'auteur demande aux participants d'une activité de se réunir afin de régler un point en suspens ;
- Demande d'informations : l'auteur demande un complément d'informations sur un document.

3.5 - Exemple de modes d'interactions au cours d'un projet

3.5.1 - Grille d'analyse des activités collectives

Dans les chapitres précédents, nous nous sommes attachés à décrire les situations d'interaction, les protocoles sociaux et les modes d'échanges apparaissant au cours d'activités collectives. Ces situations présentent un certain nombre de critères permettant de caractériser une situation d'interaction entre acteurs participant à une même activité. Nous les avons donc rassemblées dans une grille afin de synthétiser les situations d'interaction qui ont cours dans le domaine d'application de cette recherche. Cette grille étant destinée à traduire des tendances dans les relations, nous avons opté pour un système d'axes permettant de positionner les activités les unes par rapport aux autres, une caractérisation plus précise nécessiterait une étude dont la complexité pourrait faire l'objet d'une recherche à part entière. La Figure 21 donne en exemple deux situations qui correspondent aux interactions au cours de l'étape de conception et de l'étape de construction d'un projet de bâtiment. L'exemple montré ici correspond à un projet reconnu comme courant par les praticiens que nous avons pu interroger, il montre les situations et les modes d'échange ayant eu lieu au cours du projet d'extension du centre de ressources informatiques des URSSAF à Nancy réalisé par l'agence SQUARE[20] au cours de l'année 2002. Ce projet consistait en la surélévation d'un bâtiment existant afin d'en étendre la surface de travail disponible et était exemplaire d'une situation classique tant par le montant des travaux engagés que par les intervenants impliqués dans le projet.

La grille présentée à la page suivante a été remplie au cours d'un entretien avec M. Grandjean, l'architecte responsable de ce projet. Après avoir décrit et illustré par des exemples chaque point de la grille d'analyse, nous avons ainsi pu nous assurer de la fiabilité des réponses données par notre interlocuteur.

Au cours de la première étape du projet, le mode de coordination des acteurs se révèle être de nature implicite car dans le cadre de tels projets, les acteurs composant l'équipe de conception se connaissent bien et ont des rapports cordiaux. Le mode de travail est fortement couplé, M. Grandjean ajoute que de son point de vue, il est nécessaire d'avoir des contacts constants et soutenus avec l'ensemble des membres de son agence. Ceci se retrouve dans l'organisation de l'espace de travail de l'agence constitué par un espace de travail non cloisonné permettant aux acteurs de communiquer et d'échanger à tout moment. Ce critère de co-localisation est d'ailleurs considéré comme primordial par M. Grandjean dans un travail de conception architecturale réalisée à plusieurs. Au cours de la phase de conception et notamment durant les phases d'esquisse et d'avant-projet, les acteurs produisent de nombreuses versions de leurs documents et ont un accès à l'information de type 'additive concurrent'. Les acteurs participant à la conception ont une grande latitude d'action concernant les objets qu'ils manipulent, ils ont la possibilité de

[20] L'agence d'architecture SQUARE est dirigée par M. David Grandjean et emploie cinq personnes à temps plein. La disponibilité et l'ouverture d'esprit des membres de cette agence nous a permis d'entamer un dialogue et des échanges suivis sur une longue période. Ce contexte nous a donné l'occasion de comprendre les méthodes et les habitudes de travail en cours dans cette structure dont l'exemple présenté ici se fait l'écho.

créer et de remettre en cause les choix opérés précédemment, ils ont donc des rôles de type expansif et ont des rapports fondés sur la prescription réciproque, partageant de manière volontaire la même idée 'architecturale'. L'objectif de la phase de conception est de préciser et d'arrêter le cahier des charges servant à la phase de construction. Celui-ci se trouve par conséquent peu formalisé au cours de cette étape. Enfin, les acteurs travaillent prioritairement de manière synchrone au cours de cette phase de projet.

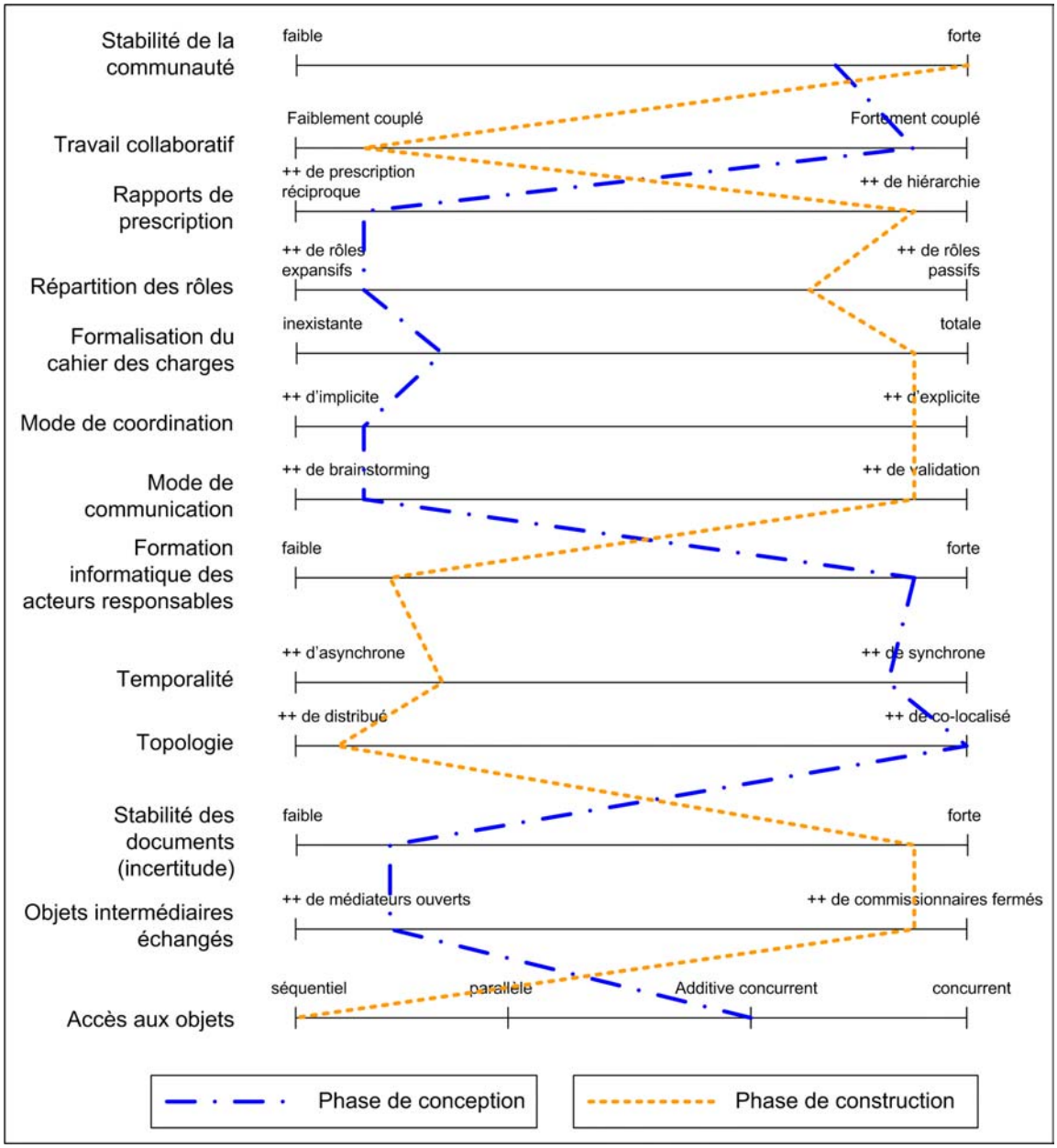


Figure 21: Exemple de protocoles sociaux et interactifs au cours d'un projet architectural.

Au cours de la phase de construction, le groupe de travail s'agrandit et intègre l'ensemble des entreprises de construction. L'objectif étant de tenir les coûts et les délais définis au terme de la phase de conception, les rapports entre acteurs sont beaucoup plus hiérarchiques et distants. Le travail et l'échange de données s'effectuent alors de manière séquentielle et les réunions entre acteurs sont principalement fondées sur la validation (réunions de chantier).

Contrairement aux acteurs du domaine informatique, les concepteurs (architectes et ingénieurs) ont rarement des accès concurrents aux informations partagées. Traditionnellement la conception se fait majoritairement de manière séquentielle-itérative. Ce mode de travail est induit par la coupure qui existe entre les différents acteurs (processus fortement distribué). La coordination réglée par contrat ne favorisant pas la dynamique de groupe [Midler 1993a , 1993b], le caractère ouvert de la coopération où les acteurs gardent leur indépendance et la recomposition permanente des équipes à l'occasion de chaque nouveau projet. Par conséquent, il n'existe pas de liens durables entre les acteurs, il n'est donc pas possible pour un acteur d'imposer ses choix aux autres (type de logiciels, etc…) ou encore de déterminer un processus à suivre lors de la conception d'un ouvrage.

Il existe également de grandes disparités dans la formation informatique des acteurs responsables et des donneurs d'ordre et il arrive encore fréquemment que les responsables soient indifférents à l'apport de la gestion informatisée des échanges (entre concepteurs et artisans dans l'exemple que nous venons de présenter). Ce constat peut contribuer à expliquer les difficultés rencontrées lors de la mise en place d'outils informatisés au cours d'un projet particulier. De même, il apparaît impossible d'essayer de mettre en place des outils dont le fonctionnement, mais aussi l'apport sembleraient opaques pour l'utilisateur.

3.5.2 - Proposition concernant l'assistance à la coordination dans un contexte de conception d'ouvrage

Dans le premier chapitre de ce mémoire, nous avons exposé quelques éléments théoriques liés à l'activité collective puis, dans le second chapitre, nous avons rapproché ces concepts de l'activité de conception d'un ouvrage bâti. Nous avons ensuite dégagé les modes de coordination et les échanges présents dans le domaine du bâtiment. Nous allons maintenant entamer une étape d'abstraction en recherchant un modèle capable de représenter la richesse des échanges que nous avons décrits au cours de ces premiers chapitres.

Nous proposons un modèle dont l'articulation des concepts suit une logique guidée par la représentation des relations tissées entre acteurs, activités et documents au cours d'un projet (Figure 22). L'expression de ces relations rend possible une description fine des interactions et des échanges apparaissant au cours d'un projet.

Le modèle résultant de cette conception est détaillé dans le chapitre suivant. Notre objectif a été de le rapprocher le plus possible d'architectures existantes, notamment au niveau des techniques de modélisation afin de permettre l'instauration d'un dialogue avec des experts informaticiens. La méthode de modélisation, mais aussi la structuration de notre modèle se

trouve par conséquent directement tirée de l'ingénierie logicielle. Cette démarche d'ouverture vers le domaine informatique nous a permis de communiquer et d'échanger avec des informaticiens et a rendu possible l'implémentation de notre modèle dans un outil que nous détaillerons dans l'avant-dernier chapitre de cette thèse.

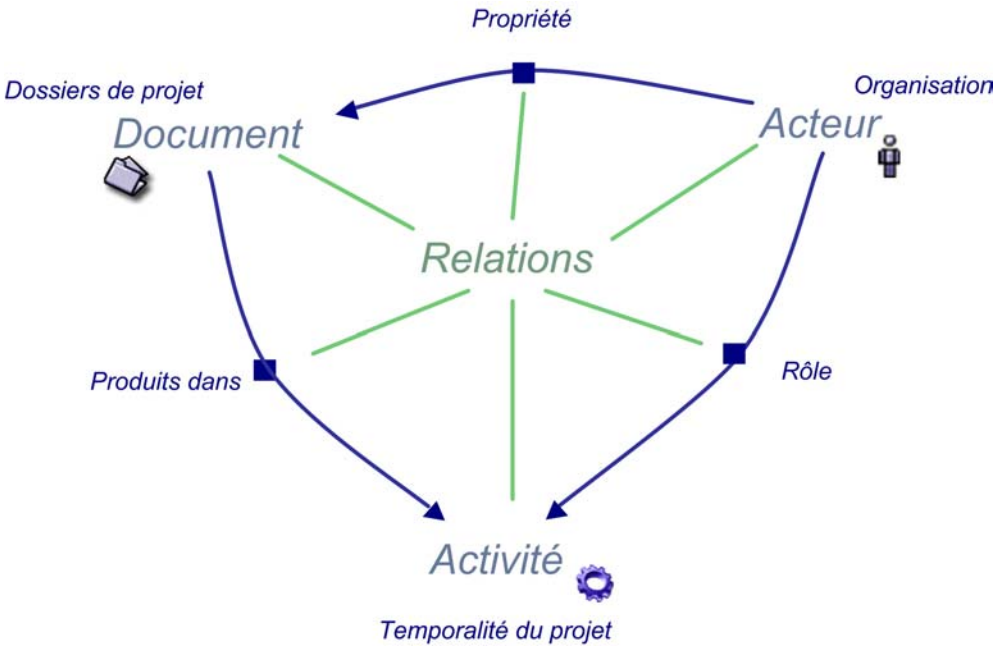


Figure 22 : Principe de notre modèle de données.

Chapitre 4

UN META-MODELE DE COOPERATION ORIENTE 'RELATIONS'

L'objectif de ce chapitre est de formaliser les concepts que nous venons de présenter dans un modèle conceptuel permettant de supporter un contexte de travail coopératif dans le domaine de la conception d'ouvrages bâtis. Au cours de ce chapitre, nous adopterons un point de vue volontairement plus technique afin d'initier un dialogue avec les acteurs du domaine informatique. Ceci nous permettra de matérialiser notre réflexion sur le domaine du bâtiment dans un outil prototype, décrit dans la seconde partie de ce mémoire.

4.1 - Pré-requis concernant la 'modélisation conceptuelle'

4.1.1 - Principes de l'approche par modèle

Dans les chapitres suivants, nous allons aborder la modélisation de l'activité de conception apparaissant au cours des phases amont d'un projet d'ouvrage bâti. Par modélisation, nous entendons une interprétation de la connaissance que nous avons rassemblée au sujet de l'organisation collective que nous proposons d'instrumenter. Une modélisation peut être exprimée par des mots, des symboles ou des formules mathématiques décrivant des entités et des relations établies entre elles [André et Vailly 2001]. L'adoption d'une telle approche nous permet de modéliser les besoins, l'architecture d'un système et une organisation ou un processus sans pour autant préjuger du mode d'implémentation qui sera utilisé lors d'une réalisation ultérieure. Ainsi, l'approche par modèle permet d'objectiver les concepts et les liens propres à un domaine par l'adoption d'une démarche rigoureuse et d'un formalisme, permettant à des concepteurs de dialoguer sur une base 'non équivoque'. En effet, les principales difficultés que nous avons pu rencontrer au cours de l'élaboration de notre modèle étaient le fruit de termes connotés différemment d'un domaine à l'autre. Par exemple, le terme de relationnel ne veut pas dire la même chose pour un architecte et un spécialiste des bases de données.

Il existe une différence entre formalisme et modèle qu'il nous semble important de préserver afin de faciliter la compréhension de notre discours. Dans la littérature, le terme « modèle » est bien trop souvent utilisé indifféremment pour désigner le langage de la modélisation ou bien l'objet même de celle-ci. Dans la suite de ce travail, nous utiliserons le terme « formalisme » pour désigner le langage ou la codification, et le terme « modèle » pour l'objet de la modélisation. La fonction d'un formalisme étant de permettre l'axiomatisation de la réalité dans un schéma abstrait qui constitue le modèle [Dictionnaire le Robert].

Le choix du formalisme doit donc être adapté à l'objet de la modélisation (processus[21], logiciel[22], …) et à la finalité de ce modèle (analyse, conception, implémentation[23]). Les formalismes sont nombreux et ont chacun un champ d'application bien précis[24]. S'ajoute à cela, un degré de codification limitant la diffusion des modèles, en demandant au lecteur un apprentissage plus ou moins long de formalisme avant de lire un modèle.

En ce qui concerne cette étude, nous avons utilisé un formalisme et une méthode de modélisation issus de *l'approche orientée objet* dont les développements récents ont introduit

[21] Les processus de travail ou de traitement de l'information sont traditionnellement modélisés à l'aide des réseaux de pétri ou des méthodes SADT et IDEF0.
[22] Par des formalismes et des méthodes 'orientées objet' dont certaines (comme UML) permettent de représenter à la fois des processus et des 'comportements' logiciels.
[23] La méthode IDEF3 par exemple est très orientée vers l'implémentation des processus, d'autres comme TMW intègrent les trois aspects dans un formalisme proche de celui d'UML.
[24] La méthode Communication-Action est par exemple très efficace pour modéliser des flux documentaires, alors que la méthode ARIS se révèle plus adaptée à une modélisation globale d'une entreprise. La méthode ARIS est cependant bien plus difficile à déchiffre que la méthode Communication-Action, leurs applications respectives dépendent donc fortement du contexte et de l'objet à modéliser.

deux notions qui nous sont utiles : les patrons de conception et la structuration en couches des modèles (méta-modélisation).

4.1.2 - Le choix de l'approche par méta-modèle

Dans [Lemesle 2000] est fait état de la problématique ayant conduit à la formation de l'OMG (Object Management Group) impliquant un grand nombre d'industriels de l'informatique et des services[25]. L'objectif initial de ce groupe était de déterminer une standardisation des formalismes de modélisation entre les différents membres de l'organisation afin de permettre une meilleure interopérabilité de leurs outils et de leurs référentiels respectifs, en ayant comme ligne directrice une plus grande expressivité des formalismes de modélisation et une interchangeabilité des produits. Les travaux menés par cet organisme ont eu pour résultats la définition de protocoles d'échanges aujourd'hui célèbres notamment CORBA et des formalismes non moins connus comme UML (Unified Modelling Language)[26]. Le langage UML propose une notation et un formalisme de représentation adoptés comme standard de modélisation par l'OMG en 1997. Le formalisme UML se base sur une définition réflexive de ses concepts, c'est-à-dire que la notation UML est elle-même décrite en UML dans son méta-modèle, nous verrons plus loin qu'il en est de même avec le Méta Object Facility. Ce langage s'est cependant vite retrouvé amputé d'une grande partie de son universalité en se retrouvant cantonné à la modélisation des systèmes informatiques. Un nouveau formalisme a donc fait son apparition au sein de l'OMG afin de répondre aux besoins émergents de définition de processus métiers et de méta-modèles. Les résultats proposés par l'OMG utilisent une architecture similaire à celle que proposait le modèle CDIF (CASE Data Interchange Format), défini par l'EIA (Electronic Industries Association) quelques années auparavant. Cette architecture se fonde sur une représentation en strates comme le montre la Figure 23 p.70. Pour synthétiser, nous pouvons donc dire que l'approche par méta-modèle adopte un point de vue réflexif sur la définition d'un modèle, dans ce cas un niveau sert de définition pour le 'vocabulaire' utilisé au niveau situé en-dessous de celui-ci.

D'un point de vue général, le domaine du bâtiment est soumis aux mêmes préoccupations que celui du génie logiciel auquel nous venons de faire référence, la question de l'interopérabilité y est tout autant centrale. Dans notre domaine, le besoin d'interopérabilité entre outils de gestion de projet (plateformes collaboratives,..), outils de production, d'analyse et de conception (CAO, DAO, PDM,..) n'est pas encore clairement identifié, du moins d'un point de vue conceptuel. La difficulté reste de permettre l'échange d'informations entre différents outils tout en conservant la cohérence des données qu'elles représentent.

[25] En 1989, les industriels à l'origine de la formation de l'OMG étaient : 3Com Corporation, American Airlines, Canon, Inc., Data General, Hewlett-Packard, Philips Télécommunications N.V., Sun Microsystems et Unisys Corporation. L'organisation comporte aujourd'hui plus de 800 membres.

[26] Selon [Lemesle 2000 p.23] « *Le Request For Proposal* ***OA&D Facility*** *a été lancé suite à un besoin de standardisation en terme de langage de modélisation de système informatique. Ce RFP, lancé le 6 juin 1996, est terminé et a donné lieu à l'adoption d'UML comme standard de modélisation le 19 novembre 1997* ».

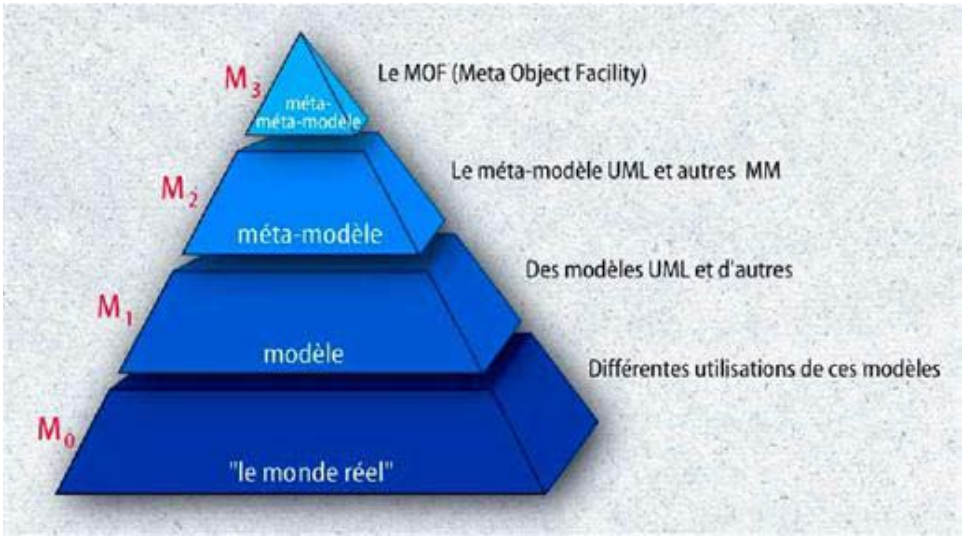


Figure 23 : Les niveaux d'abstraction du Méta Object Facility[27].

L'adoption d'une architecture reprenant cette structuration nous permettra d'ouvrir la porte à la définition de passerelles entre outils de modélisation d'organisation ou de processus, outils de gestion de projet, et outils de conception. L'adoption de la structuration proposée par l'OMG permettra en outre de rendre plus lisible notre modèle en différenciant les concepts d'ordre générique (M2), communs à toutes les pratiques de projet, 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 à la fin du chapitre précédent.

4.1.3 - Interopérabilité entre les modèles

Au-delà de la plus grande lisibilité des modèles réalisés selon ce découpage, le principal apport de cette méthode de modélisation est de permettre la mise en place de '*tables de correspondance*' entre des modèles servant à décrire des applications, des organisations, des flots d'activités ou encore une structuration des données comme c'est le cas pour la nomenclature IFC[28]. Revenons brièvement sur les moyens dont nous disposons afin de rendre interopérables deux applications, nous pourrons ainsi entrevoir plus concrètement l'intérêt d'adopter une approche par méta-modèle. Techniquement, les échanges entre applications se font principalement selon deux modes : soit par exportation puis importation d'un fichier basé sur un modèle standard (le DXF, le DWG ou l'IFC par exemple) soit par échange direct entre applications[29]. Dans ce dernier cas, il faut que les applications partagent un même modèle ou

[27] Tiré de Lemesle R. dans le magazine *développeur référence* du 15 juillet 2002.
[28] Industry Foundation Classes.
[29] Ce sera par exemple le cas lorsque deux applications de CAO dialogueront ensemble afin d'échanger des objets ou des données correspondants à une maquette numérique partagée entre les différents concepteurs.

qu'elles fournissent des interfaces basées sur un standard identique pour que le dialogue soit possible Figure 24b.

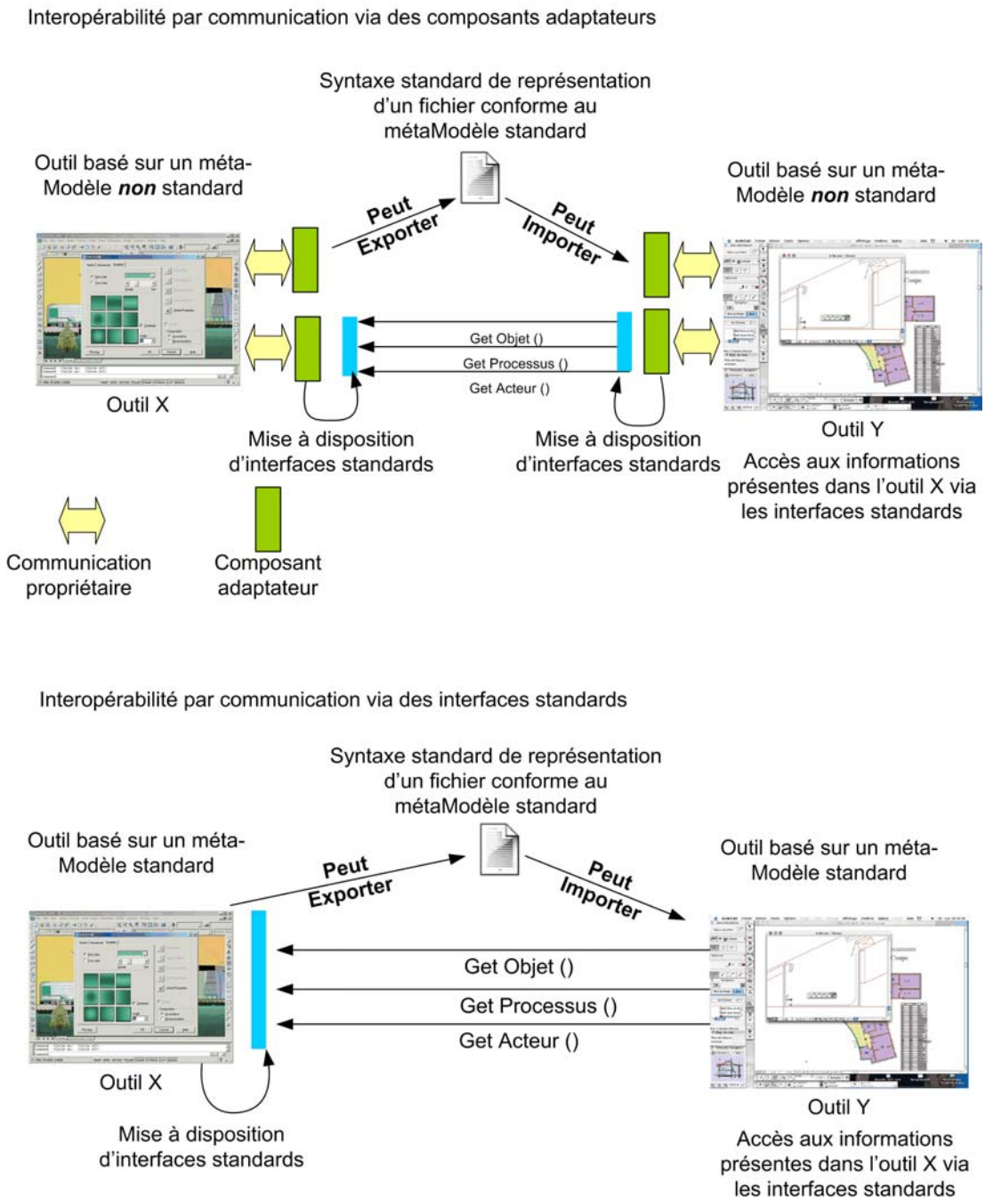


Figure 24 a et b: Les modes d'interopérabilité ; échange de fichiers VS utilisation d'un bus CORBA.

Pour clarifier cette question de l'interopérabilité entre modèles, pouvant sembler obscure à première vue, prenons l'exemple d'un architecte et d'un 'ingénieur structure' appartenant au groupe de maîtrise d'œuvre d'un projet d'immeuble. Pour travailler conjointement, ces deux acteurs vont devoir échanger ou partager de l'information sous la forme de plans, de descriptifs de maquette numérique. Ces acteurs vont également devoir se coordonner afin d'agir

efficacement, comme nous l'avons montré plus haut. Concentrons-nous dans un premier temps sur l'échange de fichiers, lorsque l'architecte produit une version qu'il estime cohérente, celui-ci la transmet à l'ingénieur afin d'obtenir une validation technique. La transmission de ce fichier va se réaliser à travers des modalités définies préalablement comme étant le standard d'échange pour le projet (format DWG suivant une nomenclature standardisée des couches et du nom du fichier par exemple). Une fois le fichier exporté et formaté selon le code défini, le transfert proprement dit peut emprunter indifféremment divers canaux tels que l'envoi par La Poste d'un CD-Rom, l'envoi par Email ou le dépôt sur une plateforme de projets partagée (armoire à plans informatisée, etc..). Dans ce cas les outils de CAO employés ne communiquent pas directement, la seule contrainte est de pouvoir exporter ou importer de l'information structurée selon un certain modèle.

En appliquant au domaine du bâtiment des principes d'ingénierie concourante et la volonté de transposer les principes de la maquette numérique partagée[30], les concepteurs d'outils de CAO vont devoir créer les interfaces permettant la communication suivant un (ou plusieurs) modèles d'échange. De même, il va devenir nécessaire de mettre en place des interfaces en direction des outils de coordination afin d'éviter une réplication manuelle des droits d'accès et des rôles entre outils. Dans le domaine industriel, l'interopérabilité entre ces différents modèles se matérialise par l'adoption de patrons de conception intégrant à la fois l'aspect des données et celui des activités permettant de les produire. Les patrons produits et les procédés (patterns p&p) décrits dans [Bézivin *et al.* 1999] montrent ce que pourraient devenir les outils dédiés à notre domaine (un exemple d'interopérabilité entre 3 outils est donné dans [Breton 2002 p.144]).

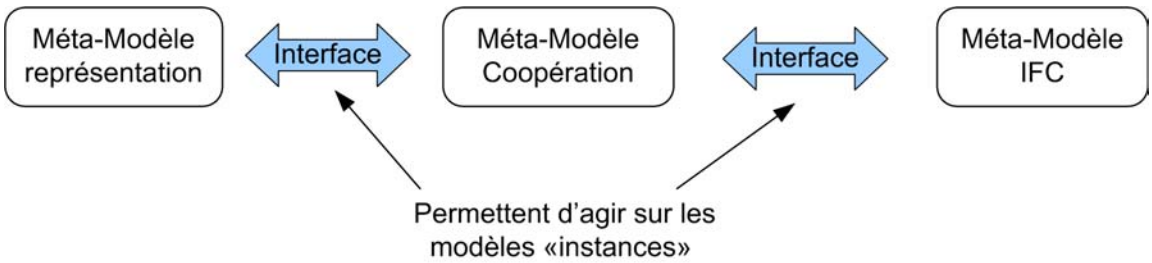


Figure 25 : Conversions entre modèles dans un contexte de projet de bâtiment.

4.1.4 - Principes du Méta Object Facility (MOF)

Comme nous l'avons vu plus haut, le MOF et l'UML ont les mêmes concepteurs et sont apparus quasi simultanément, il en résulte une certaine ambiguïté entre ces deux formalismes de modélisation. Selon leurs concepteurs (OMG), la sémantique utilisée par le MOF est un sous-

[30] Les principes définis par l'IAI (Agence Internationale pour l'Interopérabilité) prennent en exemple les méthodes de travail qui existent dans les domaines de l'aéronautique et de l'automobile, fondées sur une maquette numérique de l'objet en conception. Les analyses concernant ce système de maquette partagée ont permis de mettre en place la nomenclature IFC, celle-ci devra renforcer l'interopérabilité des outils de conception assistée par ordinateur utilisés dans le domaine du bâtiment.

ensemble de la sémantique UML et en reprend les principales caractéristiques. Le MOF est avant tout une architecture de modélisation et un langage de spécification de méta-modèles. D'un point de vue pratique, les divergences entre les formalismes MOF et UML sont faibles, du moins à dans le contexte qui nous intéresse[31].

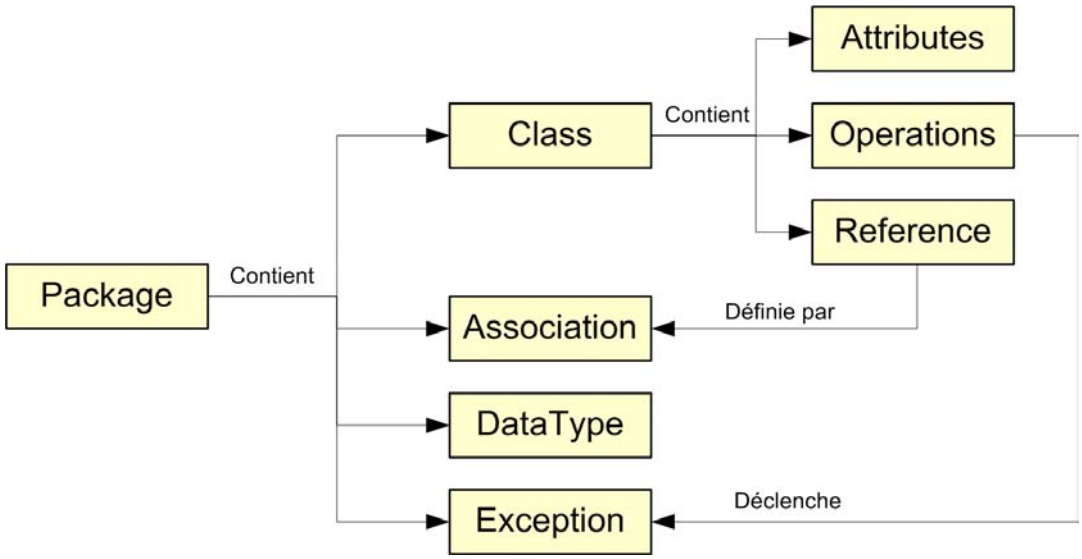


Figure 26 : Les méta-entités du MOF[32].

Du point de vue de la méthode de méta-modélisation proposée par le MOF, les concepts définis dans le méta-modèle (niveau M2) sont nommés des ***entités***. Ainsi, selon cette logique, les concepts définis dans le méta-méta-modèle du MOF (niveau M3) sont des méta-entités fournissant une sémantique pour la représentation des entités du niveau inférieur. Plus concrètement, un méta-modèle sera une entité de type *package* contenant des classes de concepts (*class*), possédant des attributs et des opérations, liées entre elles par des associations.

4.1.5 - Formalisme employé pour la modélisation

La double orientation de ce travail de thèse invite à revenir sur une définition rapide du formalisme utilisé au cours de la réalisation de notre modèle. Nous allons ici donner un bref rappel concernant le formalisme d'UML, méthode utilisée dans ce mémoire pour la représentation de nos modèles et méta-modèles.

[31] Selon Erwan Breton dans [Breton 2002 p.26] « *Le méta-méta-modèle de MOF ne diverge avec le noyeau d'UML que sur un petit nombre de points. Par exemple, en UML*, GeneralizableElement *n'hérite pas de* Namespace *mais de* ModelElement, *une relation explicite existe entre* Classifier *et* feature *alors que dans le MOF cette relation est définie par la relation* Contains *entre un* Namespace *et un* ModelElement », cette différence a peu de répercussions sur la lecture des modèles et méta-modèles que nous proposerons dans ce mémoire.
[32] Ilustration tirée de [Le Pallec 2002 p.168].

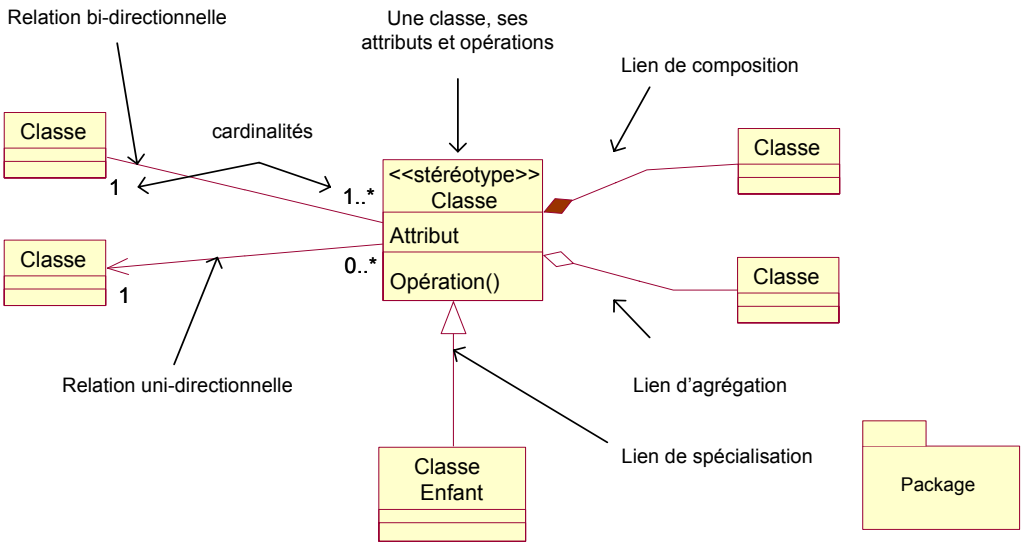


Figure 27 : Formalisme employé pour les diagrammes de classes.

L'intérêt du formalisme UML est de proposer plusieurs types de diagrammes pouvant être regroupés dans trois catégories principales :

A) Les **diagrammes statiques** permettent de représenter les entités du domaine modélisé, leurs propriétés et les relations qui les unissent. Nous pouvons citer les *diagrammes de classes* exprimant les relations entre les classes d'objets (possibilité de définir des attributs et des fonctionnalités appelées '*méthodes'*) et les *diagrammes d'objets* représentant les relations entre les objets du domaine réel (instances).

B) Les **diagrammes dynamiques** représentent soit le comportement d'objets dans le cadre d'une conception d'application informatique, soit des processus lors d'analyse de flux d'activités. Parmi les différents types de diagrammes proposés par l'OMG, les diagrammes '*d'état-transition'* et les '*diagrammes de séquence*' nous seront les plus utiles dans ce travail. Les diagrammes d'état-transition permettent de détailler les états pris par un objet (une tâche par exemple) puis les actions déclenchées lors de l'entrée d'un objet dans un état (Figure 28). Les diagrammes de séquence permettent de décrire un scénario d'interaction entre objets ou entre des utilisateurs et le système. Ces diagrammes pourront être utiles pour vérifier la pertinence d'un modèle par l'instanciation d'un exemple utilisant ses classes.

C) Les **diagrammes de cas d'utilisation** permettent de représenter des exemples ou des cas concrets en ayant pour objectif de simuler l'utilisation d'un système ou de vérifier la capacité d'un modèle à représenter une situation concrète.

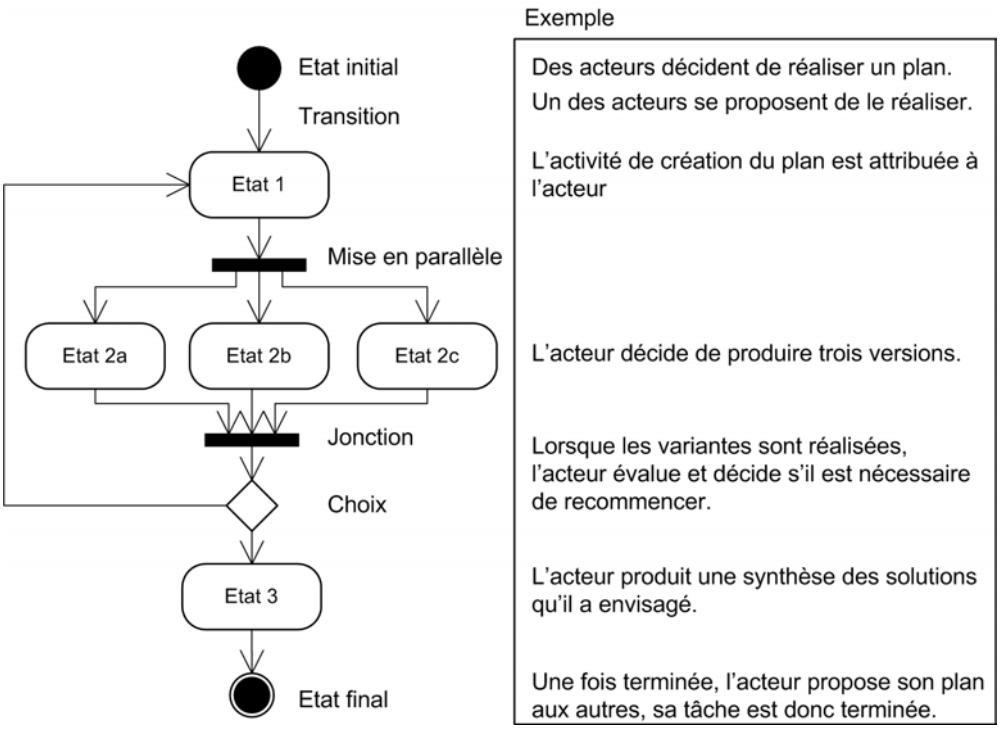


Figure 28 : Formalisme utilisé pour les diagrammes d'état-transition.

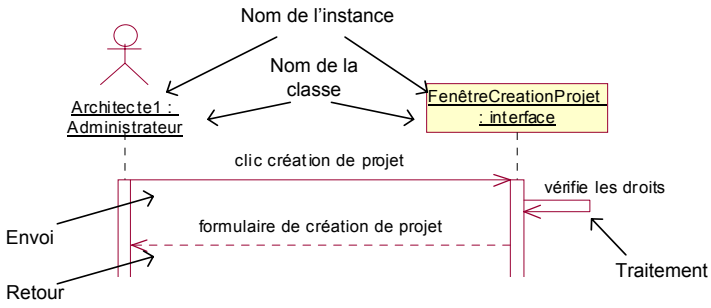


Diagramme de séquence

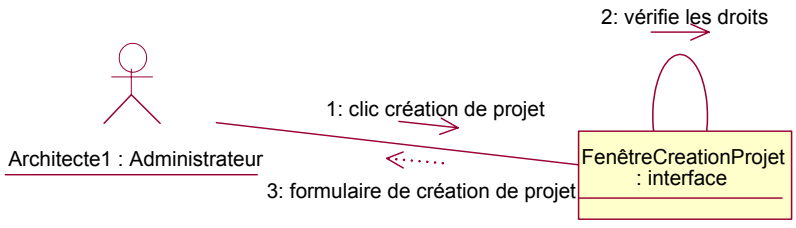


Diagramme de collaboration

Figure 29: Exemples d'un scénario correspondant à un cas d'utilisation.

4.1.6 - Les interfaces entre modèles, le XMI

Le principe technique (‘mappage’ IDL etc.) de conversion entre modèles est décrit dans [Breton 2002 p.30 ; Le Pallec 2002 p.169]. Selon ces deux sources, le principe du MOF est de normaliser les échanges entre modèles en offrant des règles de projections indépendantes de toute plateforme. La persistance est assurée par l’utilisation d’un langage structuré comme le XML (Extensible Markup Language). La projection d’un méta-modèle MOF en XML tire partie d’une des caractéristiques du langage XML, à savoir la présence de DTD (Document Type Definition) destinée à valider la structure d’un fichier XML. L’analogie avec la structure du MOF paraît donc assez évidente, la DTD représente le méta-modèle qui fournit une sémantique pour la définition du modèle (comme nous l’avons déjà montré plus haut). La standardisation proposée par le MOF consiste à définir les règles de construction d’une DTD correspondant à un méta-modèle décrit par le biais du MOF, puis à spécifier des contraintes de création des documents XML respectant les DTD définies précédemment. L’ensemble de ces règles est formalisé dans la spécification des XMI (Xml Métédata Interchange) [OMG 2002].

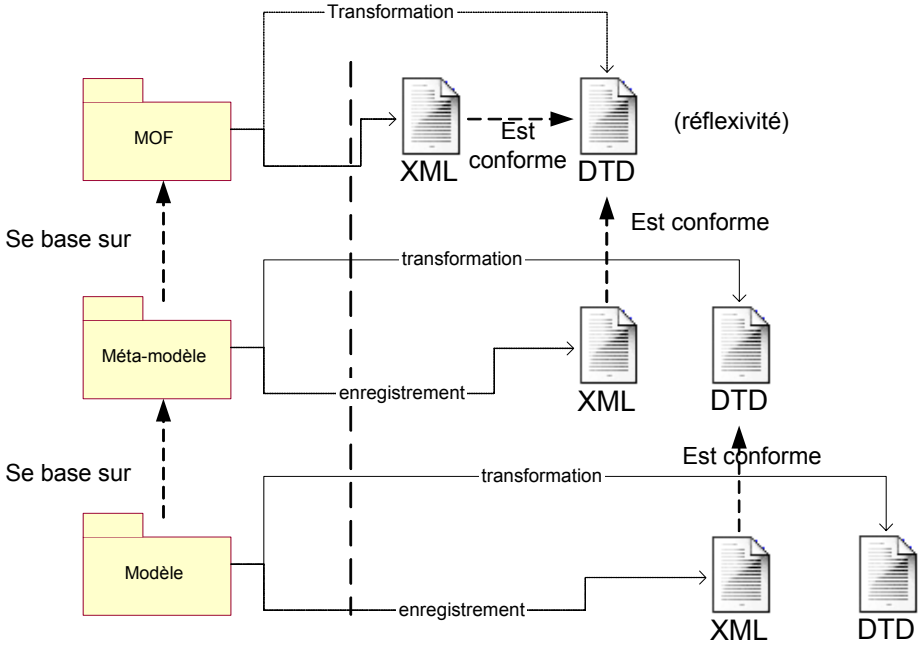


Figure 30 : Principe de projection du MOF vers XML.

Le principe présenté dans la Figure 30 présente une particularité au niveau de la représentation du MOF : du fait de sa réflexivité, le fichier XML décrivant le MOF est conforme à la DTD issue du même modèle.

L’adoption d’un format d’enregistrement basé sur le dialecte XML permet d’envisager l’utilisation des dispositifs de transformations développés autour de l’XML afin d’entreprendre des conversions entre modèles. Le dispositif couramment employé afin de transformer un fichier XML est l’utilisation de XSLT (XSL Transformation). Ce langage permet de décrire des

transformations à opérer sur un fichier afin d'obtenir un fichier-cible par l'intermédiaire d'un processeur XSLT [W3C 1999]. Un fichier XSLT est donc un fichier de règles définissant une procédure de génération d'un fichier à partir des informations contenues dans un fichier-source. Cette procédure est traduite par des balises interprétées par le processeur comme une structure de contrôle évaluée à partir des données contenues dans les champs du fichier-source.

Ce principe de transformation permettra d'envisager des développements futurs de notre modèle en permettant des conversions ou des échanges vers des fichiers utilisant d'autres modèles comme par exemple les IFC. Grâce à ces techniques, il sera possible d'aller chercher, ou de mettre à jour, de l'information concernant la coordination ou la structure d'un groupe d'acteurs dans un fichier provenant d'un formalisme IFC.

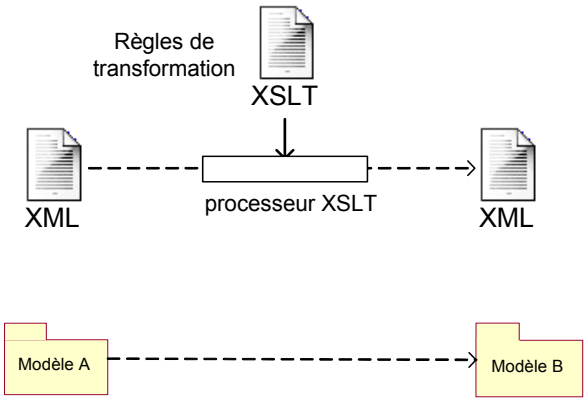


Figure 31 : Principe de la transformation utilisant un processeur XSLT.

4.2 - Exemples de méta-modèles existants orientés 'processus' ou 'règle'

Dans les chapitres précédents nous avons déterminé les différences qui existent entre les formes d'activités collectives et montré la singularité de l'activité de conception. Nous allons maintenant nous tourner vers les modèles actuellement utilisés pour la spécification d'applications fournissant un support au travail collaboratif. L'objet de ce document n'étant pas de réaliser un inventaire des modèles existants, nous ne prendrons en exemple que deux modèles représentant deux approches courantes. Le premier modèle sert de base aux outils de gestion de production et trouve des applications dans le domaine de la gestion de chantier [van der Aalst *et al.* 2003]. Le second modèle présenté montre une problématique plus centrée sur l'utilisateur et se fonde sur la théorie de l'activité.

4.2.1 - Le méta-modèle proposé par la Workflow Management Coalition

La Workflow Management Coalition (WfMC) est un organisme international constitué en 1993 pour définir des standards, spécifier les outils de workflow et promouvoir l'utilisation de ces techniques auprès des industriels. Ce consortium comporte de nombreux membres (300 environ) ; il est perçu par la communauté des développeurs comme un acteur de référence dans le domaine. La WfMC se positionne donc sur le plan de la modélisation et de l'instrumentation des processus métiers (Figure 32).

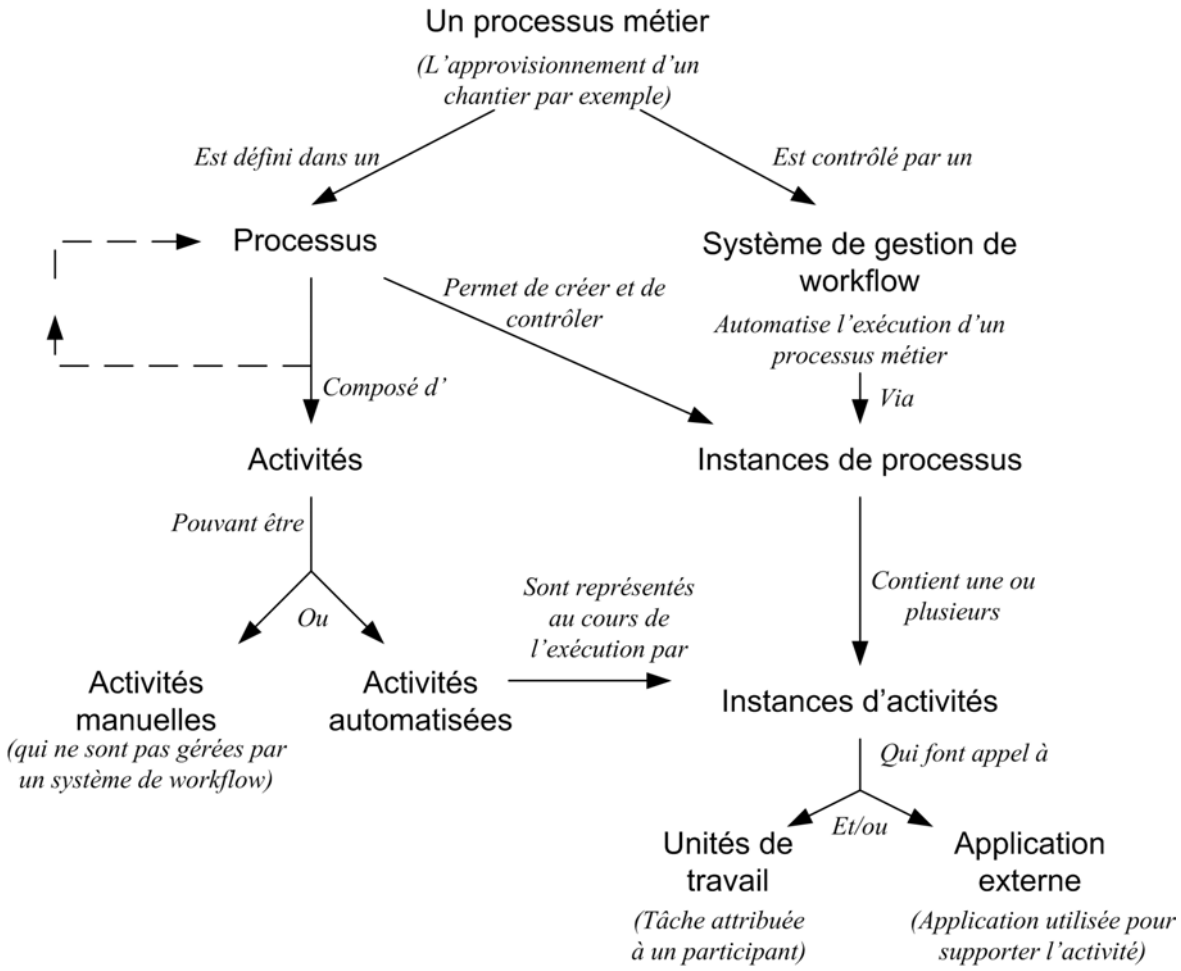


Figure 32 : Contexte de l'utilisation d'un outil de Workflow selon la WfMC [33].

Le méta-modèle de définition de processus proposé par la WfMC a vocation à servir de référence pour la création de produits de gestion de processus, il constitue donc un format d'échange entre applications (outils de modélisation, moteurs d'exécution, …). Le méta-modèle défini par la WfMC est relativement basique (Figure 33) et propose des mécanismes de

[33] Illustration réalisée d'après [WfMC 1999b] p. 7.

définition d'organisation volontairement simplifiés afin de ne pas entrer en conflit avec les modèles organisationnels définis au sein des entreprises. Le méta-modèle permet la définition de processus exécutables sans pour autant proposer de définition des relations pouvant exister entre ces modèles [Breton 2002 p.75].

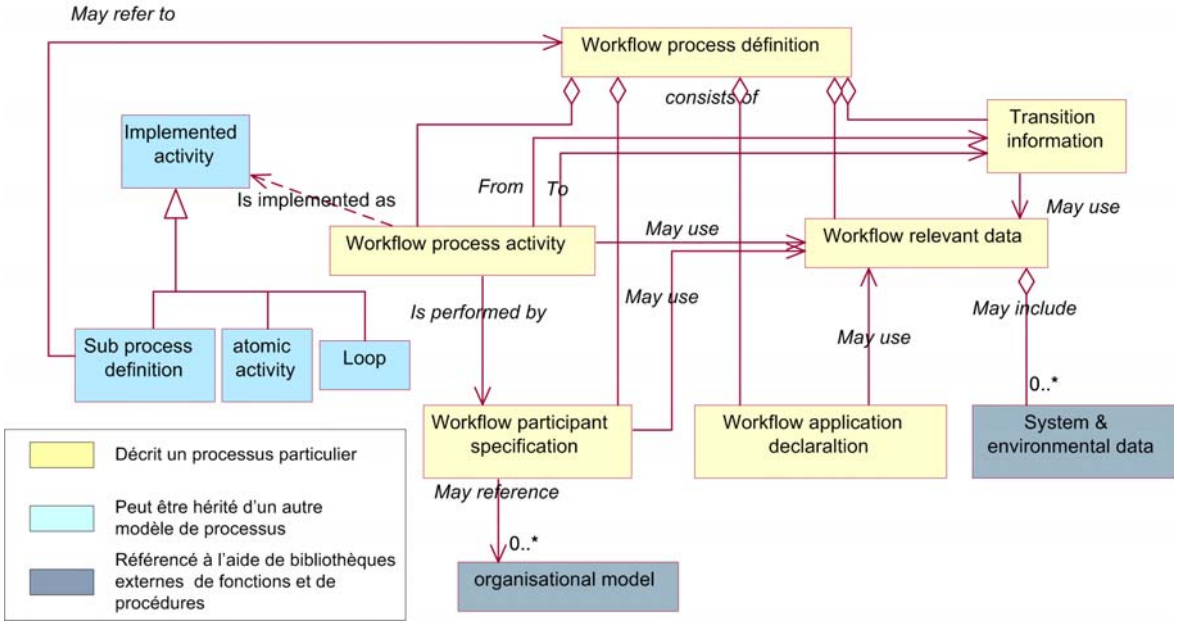


Figure 33 : Méta-modèle de processus selon la WfMC[34].

Un processus (*Workflow Process*) se divise en activités (*Workflow Process Activities*) qui peuvent être élémentaires (*Atomic Activity*) ou composées de sous-activités (sous-processus). Les activités sont ordonnancées par le biais des informations de transition (*Transition Information*) qui peuvent faire appel à des données, reconnues comme pertinentes du point de vue de l'exécution du processus (*Workflow Relevant Data*). Ces données peuvent être par exemple une notification de validation (*system and environmental data*) présentée dans les règles de transition comme nécessaire au passage d'une étape du processus à une autre. Les activités sont réalisées par des participants (*Workflow Participant Spécification*) qui peuvent être des ressources humaines ou des unités organisationnelles, conformément à un modèle organisationnel défini par ailleurs (*organisational model*). La WfMC définit également les états pouvant être pris par une activité au cours de l'exécution d'un processus (Figure 34).

[34] Illustration réalisée d'après [WfMC 1999a] p. 15.

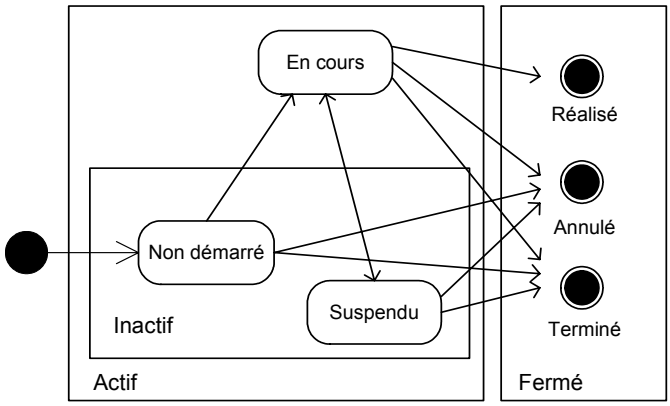


Figure 34 : Diagramme d'état des activités selon la WfMC [35].

Ce méta-modèle est intéressant à plusieurs titres : il définit avec simplicité ce qu'est un workflow et quels sont les objets qui peuvent être manipulés ; il formalise les états pouvant être pris par une activité ; il est ouvert et permet la réalisation d'extensions ; il prend en compte la notion de rôle conditionnant la participation d'un acteur à une activité.

Les modèles hérités de ce méta-modèle sont orientés vers la coordination. Dans un système de gestion de workflow (WfMS), les activités sont déterminées à l'avance et seuls les administrateurs du système peuvent modifier les règles d'exécution, ajouter des activités et des acteurs à un processus. Si l'on dresse un parallèle avec les concepts que nous avons définis dans les chapitres précédents, nous pouvons considérer que les applications de gestion de workflow sont majoritairement destinées à l'instrumentation d'activités stabilisées (processus de fabrication, processus d'assurances, processus bancaires, …). Il existe actuellement de nombreux travaux portant sur la définition de workflows adaptatifs [van der Aalst *et al.* 2000] permettant d'introduire de la flexibilité dans l'exécution de processus. Ces outils demeurent cependant difficiles à manier et nécessitent des organisations stables et suffisamment grandes pour être rentables (le bénéfice se ressent sur la durée). Ces derniers sont principalement destinés à l'industrie des transports ou au génie logiciel, des secteurs où l'outil informatique est utilisé de manière homogène par l'ensemble des intervenants et où les partenariats entre organisation sont pérennes.

4.2.2 - Le méta-modèle de DARE (Distributed Activities in a Reflexive Environment)

L'analyse et la description proposées dans ce paragraphe ont été réalisées à partir des travaux de Xavier Le Pallec et de Grégory Bourguin [Bourguin 2000 ; Le Pallec 2002]. Le projet DARE est mené par l'équipe NOCE (Nouveaux Outils pour la Coopération et l'Éducation) appartenant

[35] Illustration tirée de [WfMC 1999a] p. 91.

au laboratoire Trigone de l'université de Lille 1. La problématique de cette structure de recherche est de supporter le Travail Coopératif Assisté par Ordinateur (TCAO), l'enseignement à distance, le commerce électronique et les organisations évolutives.

DARE est orienté vers la collaboration et se fonde sur la théorie de l'activité, que nous avons explorée plus haut. L'interprétation que fait Bourguin de cette théorie est clairement orientée vers le domaine de l'enseignement à distance qu'il se propose d'instrumenter. D'un point de vue conceptuel, Bourguin fonde son méta-modèle sur l'expression de la médiatisation du sujet et de la communauté (Figure 35), et met en avant la prédominance de la règle[36]. En cela, il se rapproche du point de vue adopté par la WfMC.

L'approche employée ici diverge de ce qui est fait dans les WfMS standards à propos de la gestion des accès à la définition du processus. DARE laisse un accès possible pour chaque participant à la définition du processus mais la liste des sous-activités a été préalablement définie, c'est donc assez proche d'un Workflow adaptatif (ou flexible). L'intérêt d'une approche par méta-modèle est ici de laisser la possibilité à certains utilisateurs de modifier le modèle afin de l'adapter à des situations particulières.

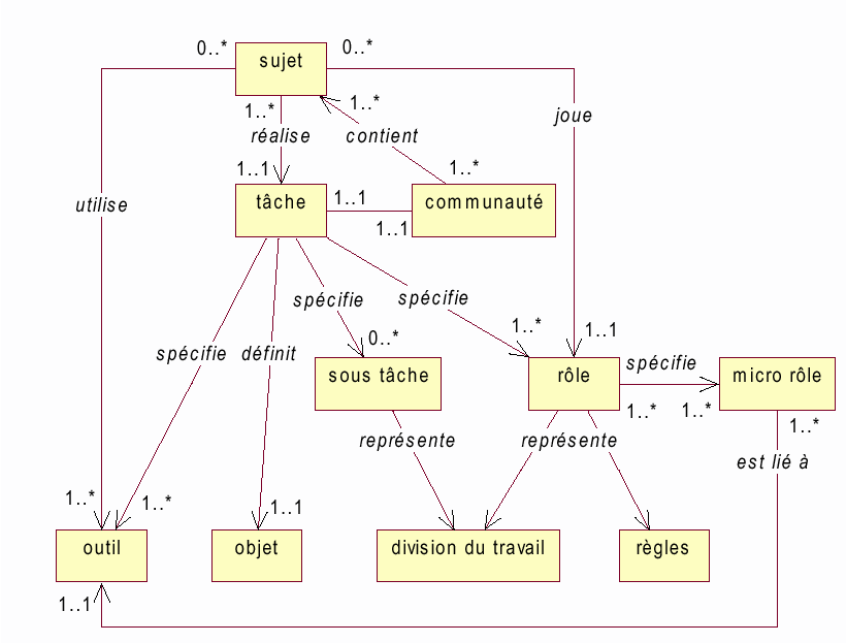


Figure 35 : Modèle conceptuel de DARE basé sur la théorie de l'activité (d'après Bourguin p. 101).

Les concepts principaux utilisés dans DARE sont la **tâche**, le **rôle** et **l'outil**. La Figure 36 montre deux niveaux nommés concepts de type et concepts d'instance (montre les niveaux M2 et M1). Tout d'abord, examinons les concepts de type : la participation d'un acteur à une activité est décrite par une tâche. La tâche indique les outils et les rôles disponibles. Une tâche peut contenir d'autres tâches (relation *uses*). Le concept d'outil demeure assez 'informatique' Xavier

[36] Voir Figure 4, p.17 pour la médiatisation.

Lepallec [Le Pallec 2002 p.92] en relate le fonctionnement en ces termes : « *Un outil est techniquement réalisé par une applet Java, à laquelle est associée une liste d'opérations (Operation). Chaque opération est un morceau de code Smalltalk invoquant ou non des actions de l'outil.* » Pour synthétiser, le concept d'outil décrit ici est proche de ce que nous appellerons des fonctionnalités lors de l'analyse des collecticiels. Il en est de même pour les actions qui sont caractérisées par l'encapsulation d'une méthode de l'applet (par exemple : ajouter un document, valider, etc.). Cette structuration correspondant aux trois niveaux d'une activité définis par la théorie de l'activité, elle est ici adaptée littéralement au fonctionnement d'une application 'orientée objet'. Classiquement, les droits d'accès aux outils sont déterminés à partir des rôles, composés d'une liste de micro rôles associés aux outils, indiquant les opérations permises.

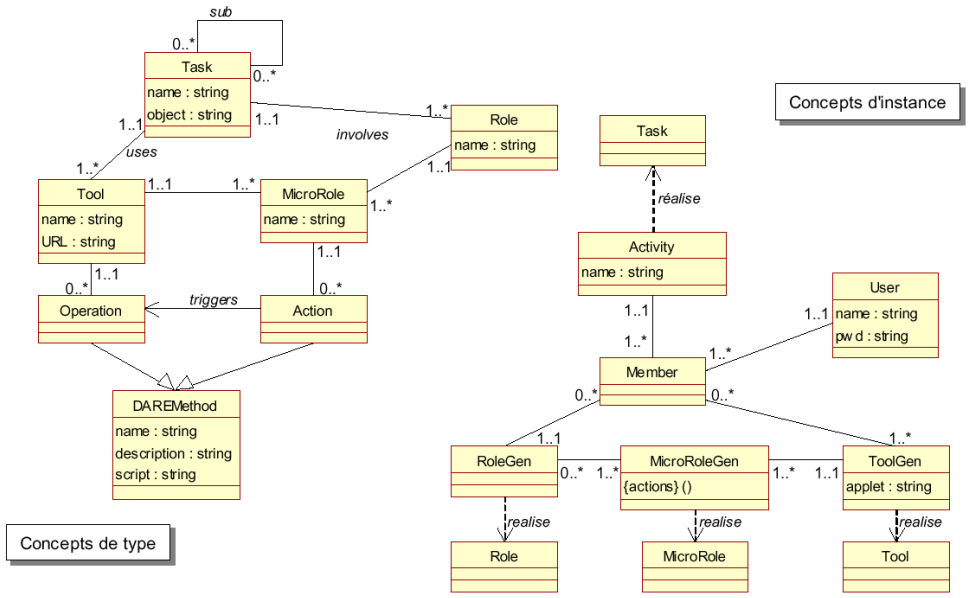


Figure 36 : Méta-modèle de DARE[37].

Au niveau des concepts d'instance, chaque individu qui se connecte sur le système est utilisateur (*user*), lorsqu'un utilisateur participe à une activité, il devient un membre (*member*). Le membre possède un rôle dans une activité (*RoleGen*) auquel correspond des opérations autorisées (*MicroRoleGen*) sur des outils (*ToolGen*).

L'approche par méta-modèle, utilisée lors de la conception de DARE, permet de proposer aux utilisateurs de ce système d'intervenir directement sur le modèle utilisé par leur outil. Ceci permet de rendre l'outil plus flexible et adaptable à des cas particuliers. Ce modèle utilise la théorie de l'activité pour décrire le domaine de la collaboration d'enseignants et d'élèves. Le contexte et les objectifs d'une activité supportée par DARE semblent être bien définis, or c'est justement ce qui manque aux types d'activités auxquelles nous désirons fournir un support.

[37] Illustration extraite de [Le Pallec 2002 p.93].

4.2.3 - Notre positionnement par rapport à ces méta-modèles

Un des objectifs poursuivis par les méta-modèles destinés à supporter des processus métier est de faciliter la compréhension d'une organisation et d'assister son optimisation. Cependant, leur principale utilité concerne la gestion de processus en automatisant l'assistance (propose des outils) et le contrôle de l'exécution (vérifie la conformité à des règles) [Curtis *et al.* 1992]. Pour pouvoir automatiser, il est nécessaire de connaître à l'avance le déroulement d'un processus (dans le cas d'un workflow productif) ou les activités à supporter (workflow adaptatif). Cette connaissance permet l'édition de règles et de droits sur des éléments du système.

Nous avons vu dans les chapitres précédents que la conception est caractérisée par l'incertitude et l'absence d'un cahier des charges réellement formalisé (ou figé). La réévaluation perpétuelle des objectifs de l'activité de conception [Simon 1992] s'oppose à la définition des processus nécessaires pour la mise en place d'outils de workflow. Nous pouvons ajouter à cela que les concepteurs n'entretiennent pas une culture de la règle mais plutôt une culture de la réalisation, ils sont donc peu enclins à utiliser des dispositifs de régulation automatisée de leur activité. Dans le domaine du bâtiment, les expérimentations de mise en place d'outils de gestion de workflow dont nous avons connaissance ont été menées lors de l'étape de production. Dans ce cas, le gain potentiel concernant la gestion de l'approvisionnement et l'optimisation des plannings est de premier ordre, ce qui rend possible la mise en place d'outils prescriptifs.

La solution envisageable dans le cas qui nous intéresse est de laisser l'initiative aux acteurs tout en favorisant leur auto-coordination. Dans ce cas, c'est l'acteur et non plus le système qui prend l'initiative de mener une action de coordination ou de régulation de l'activité du groupe. Il est par conséquent impératif de permettre aux acteurs d'obtenir une information fiable concernant l'état du projet afin de déterminer quelles sont les actions à mener.

L'objectif du méta-modèle et du modèle décrits dans ce document est d'initier une réflexion sur l'approche par méta-modèle dans le domaine de la conception de bâtiments et servira de point de départ pour une réflexion sur l'intégration des modèles du domaine. Notre objectif ne sera donc pas de proposer un modèle concurrent aux modèles existants mais de représenter la situation qui correspond à l'activité de conception coopérative d'un ouvrage bâti, afin de déterminer quels sont les instruments à même de supporter ce type d'activités.

L'architecture en couches décrite dans cette partie a été utilisée pour la modélisation des situations d'interaction décrites aux chapitres 2 et 3. La section suivante donne une description du méta-modèle extrait de l'analyse du domaine. Les couches qui correspondent aux instances de ce méta-modèle seront décrites plus loin dans ce mémoire lorsque nous proposerons une typologie d'outil puis lorsque nous procéderons à la représentation d'un cas concret de projet. La Figure 37 montre ce que pourrait être l'intégration des modèles appartenant à la filière du bâtiment dans le MOF. L'intégration des modèles d'outils, des modèles de processus et des modèles de produits permettra de proposer plus simplement et plus efficacement des interfaces entre ces modèles et, par conséquent, entre les applications utilisant ces modèles. Une approche de ce type permettra de renforcer l'interopérabilité des outils et des méthodes dans le domaine de la construction.

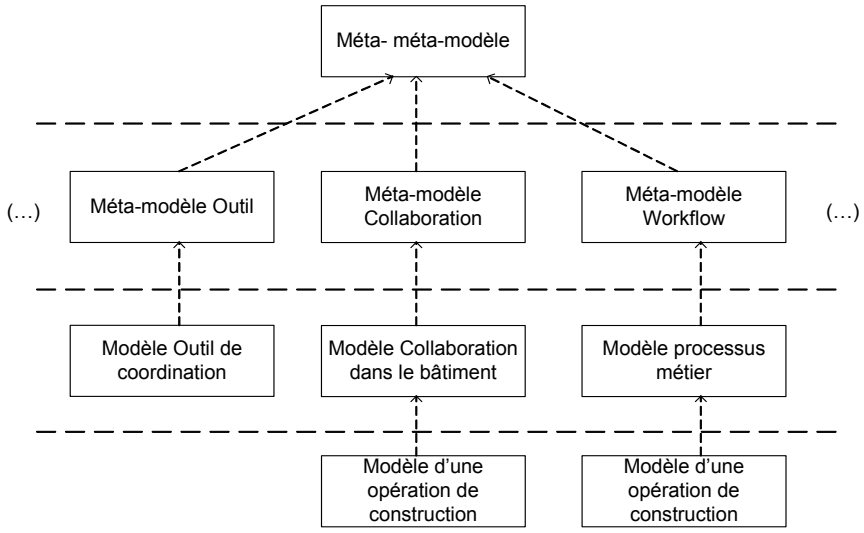


Figure 37 : Exemple de modèles en œuvre dans le domaine du bâtiment.

4.3 - Proposition d'un méta-modèle orienté 'relations'

4.3.1 - Principe général

Le modèle que nous avons conçu doit permettre l'expression de la complexité de notre domaine. Jusqu'à présent nous avons vu que les acteurs participent à des activités et se coordonnent par l'échange d'objets intermédiaires pour produire l'objet d'une activité (théorie de l'activité, etc). L'expression de ces éléments nous a fait mettre en avant l'idée de relation (au sens sociologique) comme étant l'élément fédérateur de ce système. Ainsi, nous ne basons pas notre réflexion sur la définition de processus métiers mais sur l'expression du contexte de projet propre à chaque participant. Lors de la réalisation de ce modèle nous avons essayé de tirer parti au maximum des modèles existants afin de nous concentrer le plus possible sur l'adaptation au domaine de la conception.

La structure du méta-modèle que nous avons réalisé se base sur une extension du patron de conception composite [Gamma *et al.* 1994] permettant de représenter à la fois l'organisation hiérarchique d'un ensemble d'informations (composition, agrégation) et les relations qui existent entre celles-ci (Figure 38). Ces relations unissent des éléments pouvant être soit terminaux soit contenants (un acteur et un groupe par exemple). Cette organisation de l'information s'apparente à la notion d'hyperdocument et permet de représenter aisément les liens (relations) tissés entre les éléments d'un projet. Nous verrons lors de la proposition d'un modèle d'outil (niveau M1) que cette proximité est un atout majeur dans notre contexte.

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 éléments n'appartenant pas à la même arborescence (nous en montrerons un exemple lors de l'analyse des outils existants). Ces outils obligent les acteurs à opter soit pour une organisation orientée vers les documents, soit une organisation orientée vers les activités (workflow). 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 Schwarz 1994].

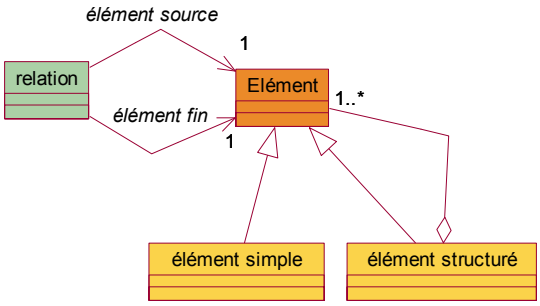


Figure 38 : Patron composite utilisé pour la conception du méta-modèle.

4.3.2 - Les concepts principaux

La théorie de l'activité nous a montré les liens qui existents entre le sujet, la communauté et l'objet d'une activité, puis nous avons recherché les spécificités de l'activité de conception que nous avons ensuite détaillées dans le domaine du projet d'ouvrage dans le domaine du bâtiment. L'objectif que nous avons fixé est de représenter les relations existant entre les objets qui interviennent dans un projet. Notre modèle ne se focalise donc pas sur l'une de ces entités mais propose une représentation généraliste des relations qu'elles entretiennent. Ce modèle est donc une interprétation des théories existantes orientées vers la représentation des protocoles sociaux sous-jacents d'une activité de groupe.

Le méta-modèle que nous proposons se veut le plus généraliste possible, il nous a donc semblé préférable de ne pas l'orienter vers un domaine précis. Ainsi, nous avons décidé de ne pas traduire les relations décrites dans la théorie de l'activité afin de laisser une plus grande malléabilité pour la représentation des modèles 'instances'. Une explication de ce choix se trouve dans le fait que nous ne possédions pas de description précise de la situation que nous devons instrumenter, à l'inverse de ce qui a été réalisé avec DARE par exemple.

De même, en ce qui concerne la modélisation de l'activité, notre lecture de la théorie de l'activité nous conduit à penser que la perception d'une activité en tant qu'entité possédant un but unique, dépend du point de vue du sujet. En clair, selon le degré de précision avec lequel nous examinons une activité, il sera possible d'identifier des sous-activités, possédant chacune un but et impliquant une communauté. Le modèle générique que nous proposons ici, permettra de représenter, le cas échéant, des processus pouvant être complexes.

La question de la règle a été pour nous un sujet de débat car celle-ci médiatise la relation du sujet et de la communauté mais se traduit dans les faits par la mise en place de rôles déterminant la capacité d'action d'un acteur au cours d'une activité. Nous avons choisi de représenter le rôle comme étant une relation entre l'acteur et l'activité afin de se rapprocher de l'interprétation qui en est faite par les individus prenant part à un projet (« *mon rôle dans ce projet est de superviser la conception architecturale* »). Enfin, nous avons choisi de montrer les objets intermédiaires échangés au cours du travail de groupe par le biais des documents car ils constituent la partie persistante des échanges que nous rencontrons au cours de l'activité de conception collective. Notre méta-modèle étant orienté vers la description d'un contexte de projet, nous avons choisi de représenter dans le modèle uniquement les informations persistantes. La Figure 39 présente la structure basique de notre modèle. À ce niveau de modélisation nous détaillerons uniquement la partie correspondant à la relation entre acteur et activité (le rôle) car elle concerne à une partie cruciale dans la représentation d'une situation interactive.

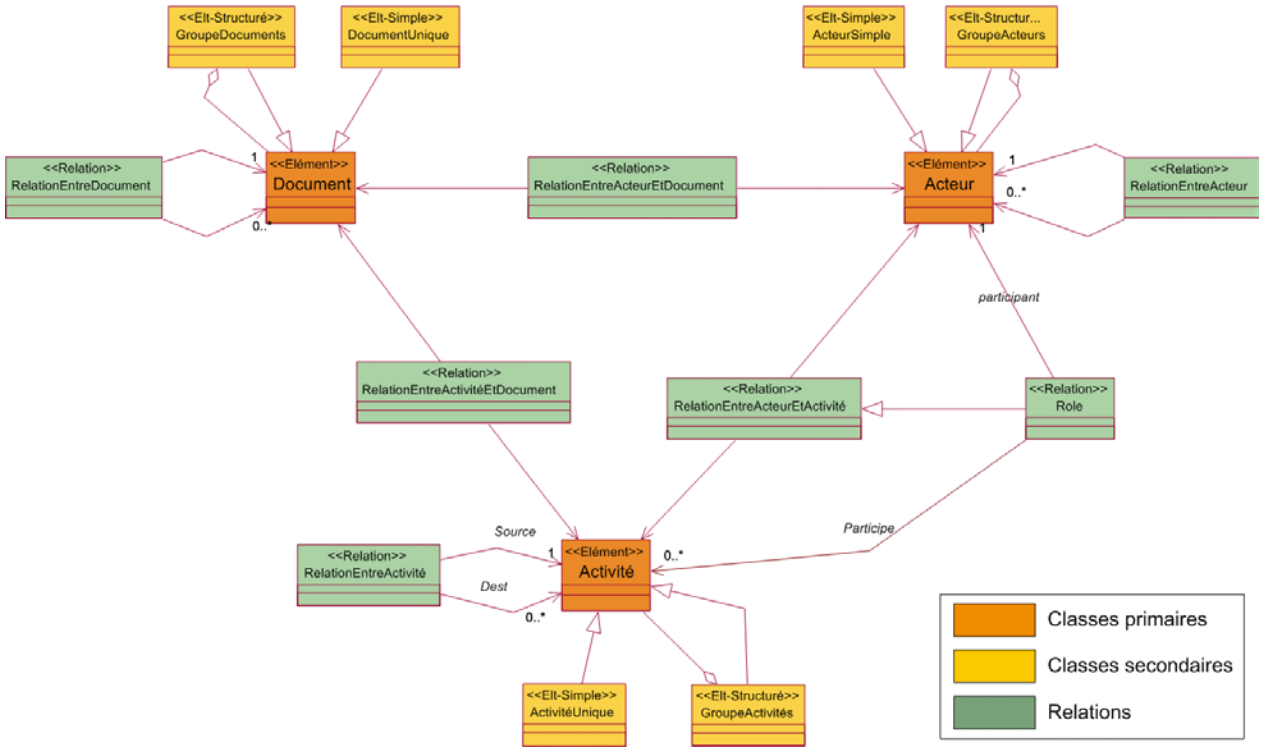


Figure 39 : Les concepts principaux du méta-modèle de coopération orienté 'relations'.

4.3.3 - Le rôle

Le rôle est l'élément central des systèmes collaboratifs et de gestion de projet, il permet de régler les droits d'accès aux informations et aux outils. Tout d'abord, nous pouvons constater que le rôle d'un acteur conditionne les actions qu'il lui sera possible d'effectuer dans une activité, celui-ci est par conséquent lié à l'ensemble des actions possibles sur les éléments du projet, par ce que nous avons appelé des droits d'action dans le premier chapitre. Lorsque l'acteur réalise une activité, il peut être nécessaire de retracer les actions qu'il a pu effectuer (valider un document par exemple). Ceci constitue une seconde facette du rôle correspondant à la réalisation d'un rôle attribué préalablement à un acteur. Nous avons donc choisi de représenter ces deux concepts par le *rôle attribué* et le *rôle joué* afin de retracer les actions réalisées par un acteur dans une activité.

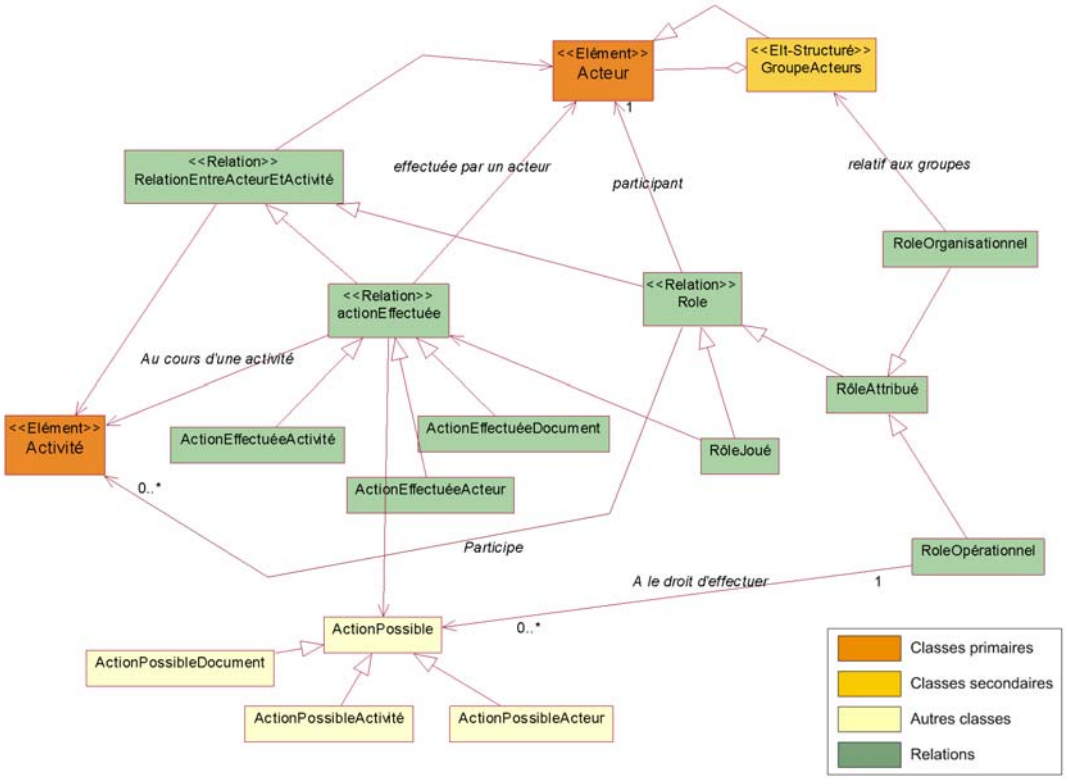


Figure 40 : Acteurs et activités, expression du rôle.

La figure ci-dessus montre la partie du modèle correspondant à la définition des rôles. Nous en avons identifié deux types pouvant être attribués à un acteur dans une activité : un rôle organisationnel et un rôle opérationnel. Le premier nous servira à décrire le cadre contractuel d'une opération de construction (par exemple), le second permettra de décrire le degré de responsabilité d'un acteur dans une activité. Une instanciation de ce rôle pourrait être les trois rôles définis dans [Kuutti et Arvonen 1992] : actifs, passifs et expansifs.

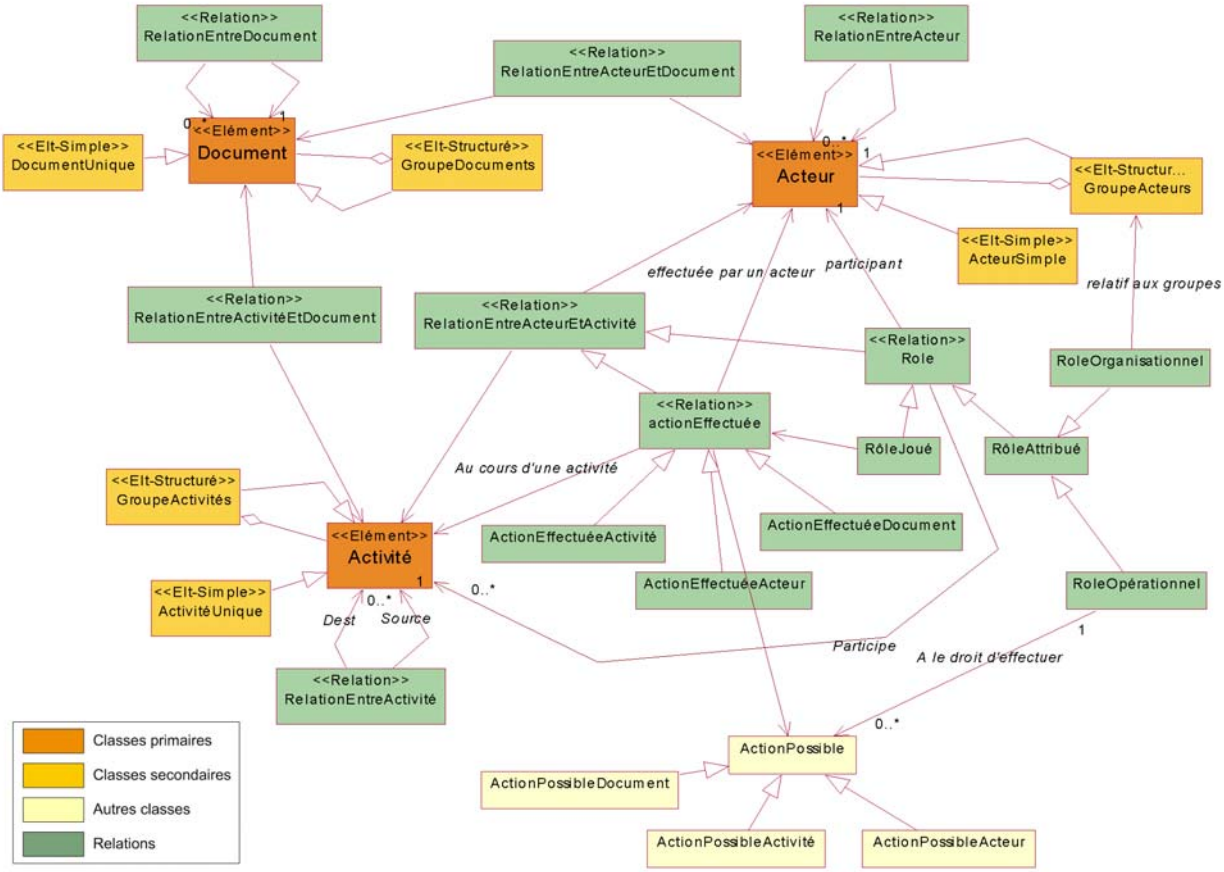


Figure 41 : Vue générale du méta-modèle de coopération.

Nous proposerons une instanciation de ce modèle dans le domaine du bâtiment au chapitre 6, puis nous confronterons ce dernier à un cas de projet dans le chapitre 7.

4.4 - Conclusion de la première partie

Assister la coordination d'une équipe de concepteurs n'est pas une chose aisée, cette situation se complique encore lorsque le groupe est en recomposition constante et recèle une grande hétérogénéité culturelle. Dans le cas d'un projet de bâtiment, la situation d'interaction est cependant caricaturale de ce point de vue : les équipes de projet changent de composition à chaque fois, les acteurs sont d'horizons très différents et ont des compétences qui se recouvrent parfois largement, et enfin, le caractère même de l'activité de conception ne permet pas de dégager un processus précis et répétable entre deux projets.

La proposition que nous avons formulée a été de rechercher un moyen de représenter le contexte d'un projet afin de permettre aux acteurs de mieux appréhender leur contexte d'action dans un projet. L'orientation que nous avons prise a été de rechercher les relations existant entre les éléments constitutifs d'un projet (acteurs, activités et documents) et de les matérialiser dans un modèle conceptuel. Le modèle ainsi créé utilise l'architecture en couches proposée dans la méthode MOF. Au-delà d'une lisibilité accrue, cette technique de modélisation laisse entrevoir des ouvertures permettant de relier notre modèle à d'autres modèles (antérieurs ou à venir) afin de favoriser l'interopérabilité entre applications. Le caractère hétérogène et la recomposition constante des équipes de conception dans le domaine du bâtiment laissent penser que la question de l'interopérabilité restera une préoccupation centrale dans les années à venir. Le modèle que nous proposons dans ce mémoire contribue à mettre cette problématique en perspective dans notre domaine d'application.

La seconde partie de cette thèse montrera l'application du méta-modèle que nous venons de présenter dans le cadre d'un collecticiel utilisant un mode de visualisation contextuelle et adaptative d'un projet en cours de réalisation. Ce type de représentation nous permettra de favoriser la lisibilité du contexte de projet par les acteurs impliqués dans la conception d'un ouvrage.

Seconde partie : Instrumenter les pratiques, spécification d'un collecticiel adapté au domaine du bâtiment

Au cours du chapitre 5 nous allons tout d'abord nous attacher à définir plus précisément ce qu'est un collecticiel, puis nous identifierons les moyens mis en œuvre afin de permettre la coordination des acteurs participant à un projet à travers quelques expériences menées en situation de projet. Nous montrerons enfin de quelle manière il nous sera possible de représenter le contexte d'un projet.

Le chapitre 6 montre l'application du méta-modèle que nous avons proposé dans un outil permettant de présenter le contexte d'un projet de manière dynamique et adaptative.

Le chapitre 7 enfin, donnera quelques éléments de validation concernant la structuration de l'information dans le modèle proposé dans ce mémoire et montrera des cas d'utilisations exprimant les capacités de l'application conçue au cours de ce travail de thèse.

Chapitre 5 UNE INFRASTRUCTURE PERMETTANT DE SUPPORTER L'ACTIVITE DE CONCEPTION

La partie précédente a présenté les caractéristiques de l'activité de conception dans le domaine du bâtiment, nous allons maintenant inspecter les fonctionnalités permettant de l'instrumenter. Nous déterminerons ce qu'est un collecticiel, puis nous en isolerons les différentes typologies. La confrontation de ces principes théoriques à la réalité de l'exercice du projet se fera par la présentation de diverses expériences et projets auxquels nous avons directement pris part. Nous pourrons ainsi proposer une typologie d'outils propre à instrumenter le travail des acteurs du domaine du bâtiment.

5.1 - Typologies d'outils et espaces fonctionnels

5.1.1 - Une infrastructure pour le travail de groupe

L'objectif visé par les outils de travail collaboratif assisté par ordinateur (TCAO) est de fournir un environnement de travail partagé à une communauté d'acteurs [Bannon et Schmidt 1989]. L'environnement de travail proposé doit se comprendre comme un prolongement des méthodes et des pratiques en œuvre dans les groupes de projet destinées à en augmenter la capacité d'action [Engelbart 1992]. Pour obtenir ce résultat, le collecticiel doit permettre, en premier lieu, une mémorisation des objets intermédiaires produits mais aussi leurs fondements et l'enchaînement des actions ayant conduit à l'état actuel (Conklin à propos de la mémoire organisationnelle [Conklin 1992]). L'apport de ces outils ne doit cependant pas se limiter à cette mémorisation organisationnelle, l'augmentation de la capacité d'action passe par la mise à disposition de fonctionnalités permettant la synchronisation des acteurs et favorisant la conscience de groupe. L'outil de TCAO se place par conséquent sur un plan de médiatisation de l'activité de groupe tel que l'a défini Engeström.

Il existe 5 objectifs principaux des outils de TCAO [David 2001] :

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

Ces objectifs sont révélateurs d'enjeux concernant l'activité collective, Hoogstoel [Hoogstoel 1995 p.11-23] rappelle quelques points que nous avons déjà eu l'occasion d'aborder sous un angle plus sociologique :

- d'un point de vue personnel, il est nécessaire d'offrir à chacun les moyens d'accéder à l'espace des objets partagés par le groupe afin d'en consulter, modifier ou ajouter ;
- Il faut garantir l'intégrité de l'espace des objets communs (problème de contrôle d'accès) ;
- La coordination implicite est celle que l'on rencontre lorsque la coopération est relayée structurellement, c'est-à-dire par l'espace d'action : c'est ce que Schmidt appelle « *cooperative work mediated by the field of work* » [Schmidt 1994].

Les systèmes de TCAO servent principalement quatre grandes situations d'interaction : selon que le travail se déroule dans un même espace ou dans des espaces différents, en même temps (synchrone) ou dans des temps différés (asynchrone) [Johansen 1988 ; Rodden 1991]. La différentiation entre synchrone et asynchrone est très importante dans l'approche d'un outil de TCAO, ces deux modes d'accès aux objets partagés sont mis en œuvre au cours des situations de co-conception et de conception distribuée et ont une incidence directe sur la granularité de l'information échangée (Rhyne 92[38]). Au cours d'une coopération asynchrone, l'échange se fait par documents entiers (maquette numérique, texte complet, …). Plus la communication est synchrone (plus la concourance est forte), plus la granularité des informations échangées est

[38] Cité dans [Karsenty 1994].

petite (i.e. un mur, un ensemble de traits) et donc plus l'importance de la gestion des accès est forte [David 2001].

	Même temps	**Temps différents**
Même espace	Salle de conférence et de décision Tableau électronique Outil de vote et de brainstorming	Centre de ressources partagées Gestion et suivi de projets Agenda électronique Historique des actions
Espaces différents	Audio et vidéoconférence Conversation textuelle ('chat') Applications partagées	Courrier électronique Liste de diffusion Rédaction coopérative Workflow

Tableau 8 : Matrice espace–temps et exemples d'outils.

Les fonctionnalités elles-mêmes peuvent être classées en trois grandes catégories d'applications [Michinov 2001 ; Saadoun 1996 , 2000]. Les applications ***orientées mémoire*** conservent la trace des activités du groupe, les applications ***orientées routage*** facilitent la circulation des informations (c'est le cas typique des workflows) et les applications ***orientées échange*** favorisent la communication, la coordination et la coopération entre les membres d'un groupe. Nous allons retrouver ces catégories de fonctionnalités en proportions variables dans les collecticiels.

Le terme de collecticiel est un néologisme destiné à traduire en français le mot 'Groupware'. La définition que nous donne Ellis de ce terme semble faire l'unanimité dans la bibliographie dont nous disposons : un groupware est un « *système informatique destiné à assister un groupe de personnes engagées dans une tâche commune en fournissant une interface à un environnement partagé* » [Ellis et Wainer 1994 ; Michinov 2001]. Notons que cette définition ne préfigure en rien de la forme prise par un collecticiel, il peut s'agir de solutions spécifiques, répondant à un besoin du groupe (communication, etc.) ou de systèmes plus intégrés, rassemblant plusieurs fonctions [Hoogstoel 1995 p.28]. Le partage et l'échange réalisés via un collecticiel se font de manière consciente, ce qui exclut du champ des collecticiels tout système diffusant l'information de manière imperceptible pour l'utilisateur [David 2001]. Ce point est important car une diffusion de l'information à l'insu de l'utilisateur a des répercussions très négatives sur la conscience de groupe et limite par conséquent l'appropriation de l'outil.

Un collecticiel n'a cependant pas pour objectif de constituer à lui seul un environnement de travail coopératif, il ne contient donc pas obligatoirement l'ensemble des fonctionnalités appartenant aux catégories que nous venons de citer. Nous préciserons dans la suite de ce chapitre, quelles sont ces fonctionnalités et les opérations humaines qu'elles instrumentent.

En résumé, supporter la conception collective consiste à proposer des fonctionnalités permettant d'échanger, se coordonner et de minimiser les malentendus entre les acteurs d'une même communauté.

5.1.2 - La notion d'espace fonctionnel

Les communautés de chercheurs impliquées dans la définition d'interfaces homme-machine (IHM) destinées au support de l'activité collaborative ont permis de faire émerger la notion d'espaces fonctionnels rassemblant les instruments servant un même mode d'interaction. Une première définition, réalisée à partir de la classification tripartite d'Ellis, a été d'isoler des espaces permettant aux acteurs de ***coproduire***, de ***communiquer*** et de se ***coordonner*** [Ellis et Wainer 1994 ; Grudin et Poltrock 1994 ; Salber *et al.* 1995]. De cette structuration a été tiré le trèfle fonctionnel (Figure 42) représentant ces trois espaces. L'espace de production permet aux acteurs d'agir ensemble sur des données partagées, l'espace de communication permet aux acteurs d'échanger de l'information et l'espace de coordination permet aux acteurs de planifier leurs activités respectives.

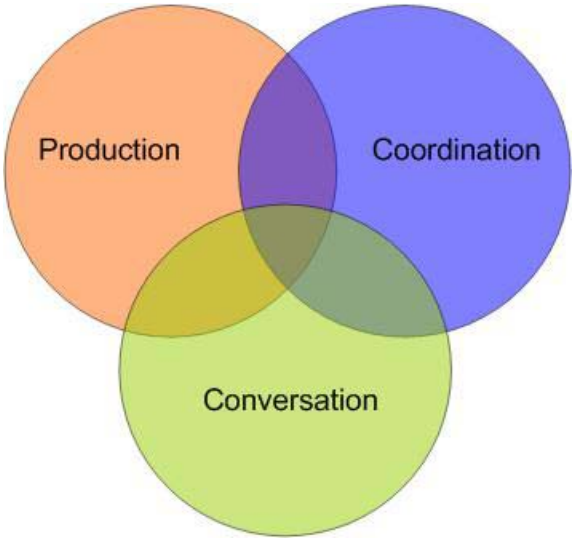


Figure 42 : Le trèfle fonctionnel.

Dans les premières définitions du trèfle, le terme de communication était utilisé de manière relativement ambiguë, ne différenciant pas les données persistantes (objets intermédiaires, documents) des données relatives à la conversation entre les acteurs. Une évolution du trèfle fonctionnel (Figure 43) est née de cette constatation, ajoutant un quatrième espace correspondant à la conversation [David 2001].

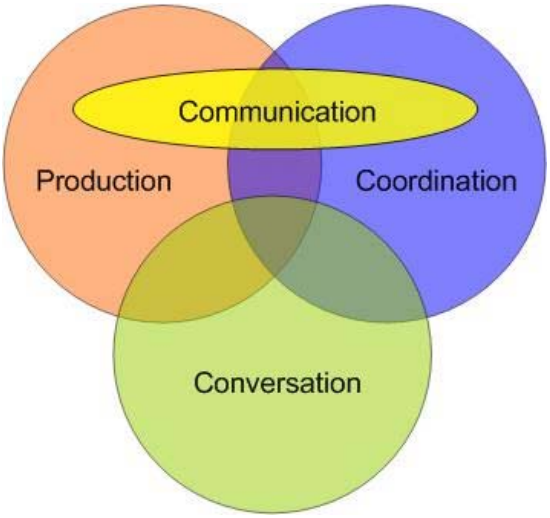


Figure 43 : Evolution du trèfle fonctionnel.

Dans ce modèle, l'espace de communication persistante permet d'échanger des données liées obligatoirement à une tâche du groupe. L'espace de communication est dans ce cas au service de la production et de la coordination et permet la transmission et la conservation des objets intermédiaires contribuant à la dynamique du groupe. Dans l'espace de conversation, le système est considéré comme un simple messager. Ainsi, une conversation n'est pas liée obligatoirement à une tâche mais peut tout de même être un support de coordination (i.e. lors d'une résolution de conflit) ou de production (i.e. échanges de points de vue, validation, …). Ces différents espaces sont présents en proportions diverses dans les outils disponibles, en fonction du domaine d'application qu'ils privilégient.

5.1.3 - Fonctionnalités

Les espaces fonctionnels que nous venons de décrire correspondent aux différentes facettes d'un travail de groupe et permettent aux utilisateurs de se coordonner, d'échanger, de dialoguer ou de coproduire dans un espace partagé. Dans le domaine du BTP, les outils dont nous disposons rassemblent des fonctionnalités appartenant à ces différents espaces. Une plateforme de travail collaboratif dédiée au domaine du bâtiment (armoires à plans électroniques) regroupe classiquement des fonctionnalités de coordination (i.e. agenda partagé ou moteur de workflow), des fonctionnalités de communication (i.e. messagerie, stockage de fichiers) et des fonctionnalités de conversation (i.e. chat, audioconférence). La Figure 44 montre quelques exemples de fonctionnalités présentées en fonction de la complexité technique ; plus les fonctionnalités sont proches de l'extérieur du schéma, plus elles demandent de ressources matérielles. Lorsque des fonctionnalités servent deux espaces, elles sont représentées à cheval sur ces espaces. Les collecticiels étant principalement orientés vers le support à la coordination, les fonctionnalités proposées sont par conséquent plus nombreuses dans cet espace.

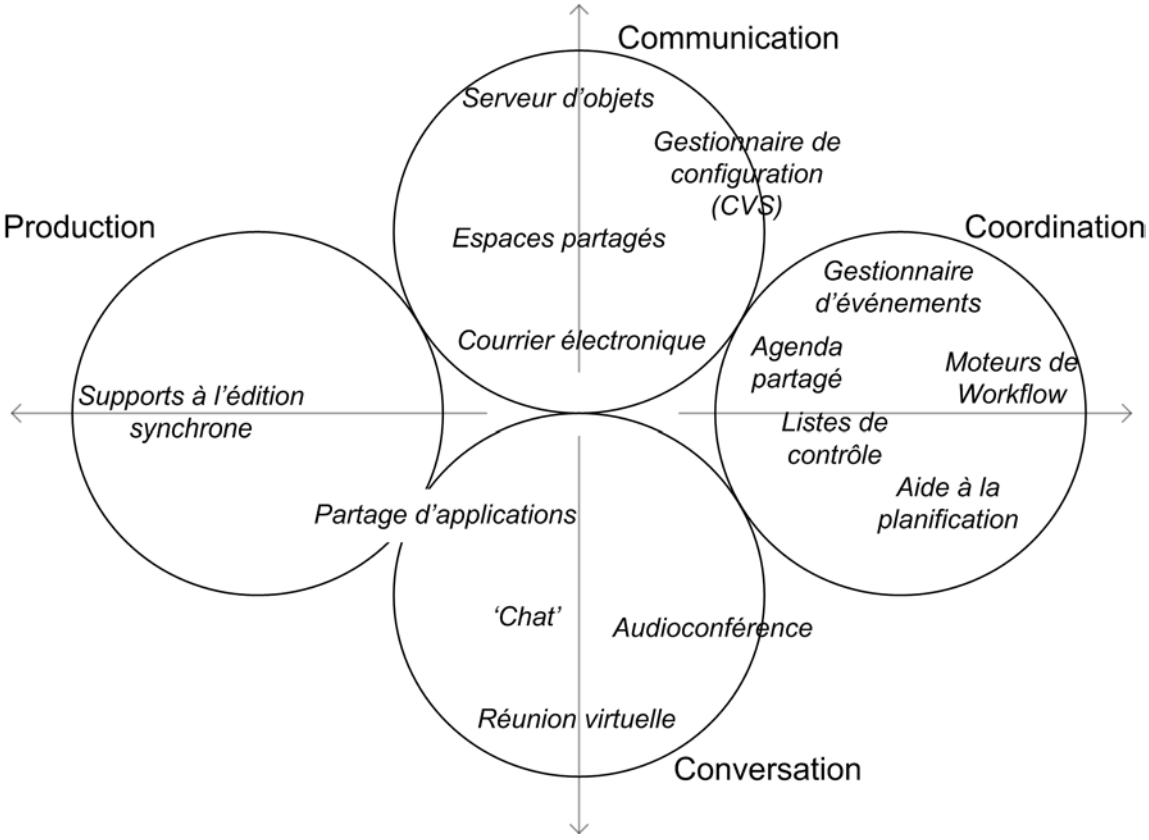


Figure 44 : Exemples de fonctionnalités offertes par les collecticiels.

Les fonctionnalités que nous venons de voir dans ce paragraphe vont supporter prioritairement certains types de groupes en fonction de leur degré de structuration. Par exemple, lorsque les échanges entre acteurs sont peu formalisés, les fonctionnalités utilisées prioritairement vont être de l'ordre du dialogue ou de la communication par courrier électronique [Malcurat 2001 ; Salvador *et al.* 1995]. Plus le groupe va être structuré, plus les rapports vont être proches (situation fortement couplée) et plus le système devra posséder des fonctionnalités contraignantes. Par exemple, l'utilisation de fonctionnalités d'édition synchrone de documents suppose une bonne définition des rôles et demande un support très important du système. La Figure 45 reprend les exemples de fonctionnalités proposés plus haut en montrant les modes de travail prioritairement supportés en ordonnée et l'importance prise par le système en abscisse.

Les diverses fonctionnalités assemblées dans les collecticiels supportent la coordination et l'échange entre acteurs participant à une même activité. En un mot, elles assurent la régulation du flot de l'activité en permettant aux divers participants de se synchroniser. Nous allons voir dans la suite de ce chapitre les deux approches qui correspondent aux modes de structuration collaborative et coopérative que nous avons décrits au chapitre 2. Nous traiterons de l'utilisation et de l'interprétation de ces fonctionnalités pour déterminer leur capacité à favoriser la compréhension du contexte.

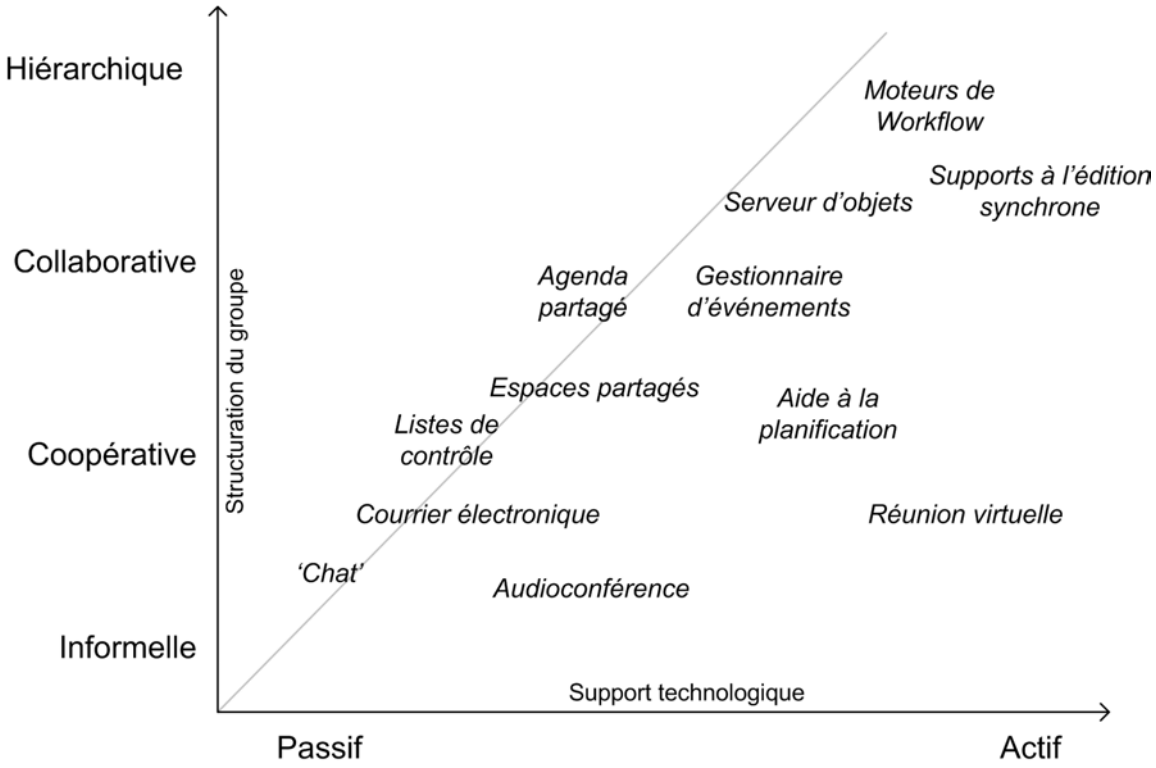


Figure 45 : Fonctionnalités et structuration des groupes.

5.2 - Collecticiel et régulation de l'activité

5.2.1 - Stratégies pour la régulation

La synchronisation des actions de plusieurs concepteurs impliqués dans un même projet peut utiliser différents canaux leur permettant d'échanger de l'information, de dialoguer ou de planifier leurs actions. Ainsi, la régulation de l'activité de groupe passera par des phases de négociation, de collaboration ou de coopération. Le collecticiel se charge de médiatiser ces interactions en leur fournissant le support technologique suffisant : abolition des contraintes d'espace (i.e. visioconférence) et partage d'application par exemple.

La régulation ne se trouve pas sur le même plan que les espaces fonctionnels décrits plus haut, elle assure une articulation de ces différents espaces et peut être assurée soit par un individu (i.e. le modérateur) soit par des agents du système, programmés pour réagir à certaines conditions (i.e. identification de situations à risques) [Ferraris et Martel 2000 ; Mezura-Godoy et Talbot 2001a , 2001b]. La stratégie de régulation adoptée par un acteur sera donc très dépendante des facteurs sociologiques que nous avons identifiés au cours de trois premiers chapitres. Le

collecticiel, en offrant un prolongement aux capacités de communication de l'individu, servira ainsi d'assistant à la régulation de l'activité.

Schmidt et Simone ont ainsi pu dégager deux options d'assistance à la régulation d'une activité collective : régulation prescriptive et assistance par la régulation émergente [Schmidt et Simone 1996]. Ces deux modes de régulation correspondent aux deux grands modes de coordination que nous avons évoqué au chapitre 3 ; la régulation prescriptive supportant la coordination explicite ou la planification et la régulation émergente permettant d'adapter les tâches aux impératifs du moment (voir p. 48).

5.2.2 - Assister la régulation explicite ou prescriptive, un point de vue normatif

Cette forme d'assistance consiste à instrumenter les modes de coordination explicite que nous avons décrits au chapitre 3. La mise en œuvre de tels instruments consiste en l'implémentation de modèles normatifs et prescriptifs de coopération, matérialisés par la spécification de règles ou de procédures d'interactions les plus formalisées possibles. Les outils développés autour de cette problématique proposent d'assister la coordination en fournissant des catégories prédéfinies d'actes de communication couvrant les besoins estimés des acteurs [Salembier *et al.* 2001]. Comme nous l'avons déjà évoqué au cours du chapitre 3, ce type de coordination a principalement été utilisé dans les outils de type workflow destinés à automatiser la gestion des flux de communication, de documents ou de processus opératoires.

Les critiques que nous sommes amenés à formuler à l'égard de l'application de ces outils dans des situations de conception sont proches de celles émanant du courant ethnométhodologique : cette approche limite la capacité d'improvisation des acteurs, ce qui n'est pas compatible avec des situations recelant une part d'indétermination importante [Salembier 1996]. Les évolutions récentes dans le domaine des outils de workflow tentent de répondre à ce manque de flexibilité en offrant notamment aux acteurs une plus grande possibilité de contrôle sur le système [Dourish *et al.* 1999 ; Dourish *et al.* 1996] ou en automatisant uniquement certains aspects de la collaboration identifiés dans un modèle de participation [Ferraris et Martel 2000] ou au cours d'expérimentations sur le terrain. C'est dans cette optique que Malcurat place son système de '***requêtes typées'*** permettant de créer une dynamique collaborative dans les équipes de concepteurs en proposant d'instrumenter quelques actes de coordination courants [Malcurat 2001]. Cette approche semble répondre aux problèmes de flexibilité des outils assurant la coordination, cependant la question de l'initiation de l'acte de coordination reste entière. En effet, instrumenter la diffusion de la coordination en proposant de nouveaux canaux de communication ne suffit pas à donner aux acteurs une connaissance suffisante du contexte de projet, leur permettant d'isoler des situations nécessitant une coordination.

5.2.3 - Assister la régulation implicite ou émergente, un point de vue contextuel

La démarche complémentaire, à celle que nous venons de montrer, consiste à identifier les propriétés des environnements et les processus informels qui rendent possibles la coopération et l'articulation des activités par les acteurs eux-mêmes. Ceci se concrétise par la proposition d'un ensemble de ressources matérielles et logicielles favorisant et facilitant la mise en œuvre de ces processus informels. Dans ce cas de figure, l'apport du collecticiel se limite à *médiatiser l'interaction* des acteurs [Schmidt et Simone 2000]. L'accent est mis dans ce cas sur « *le partage d'informations contextuelles et l'accès commun à un espace d'échange dans lequel les agents vont être en mesure d'interagir, de construire de l'intelligibilité mutuelle et de négocier des savoirs* » [Salembier *et al.* 2001]. Dans le domaine des collecticiels, cette orientation est traduite par la problématique du partage d'informations contextuelles conditionnant ***l'observabilité*** et la ***perception mutuelle*** des activités. Ainsi, *« incorporer les processus informels dans la conception de supports à la coopération entre agents se traduit par l'insertion dans la situation de travail d'artéfacts physiques qui vont permettre la distribution de la connaissance et de la signification construite par les agents (…) elle peut se concrétiser par l'intégration de fonctions spécifiques dans l'architecture d'un système de type collecticiel »* [Salembier *et al*. 2001].

Dans un collecticiel, les mécanismes (ou les artéfacts physiques) assurant cette fonction sont le plus souvent rencontrés sous le terme anglais d'***awareness***[39]. 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 et 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 2002b p.27-30].

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 artéfacts permettant de faire naître de l'observabilité mutuelle sont celles qui permettront aux acteurs de répondre aux questions qu'ils se poseront au sujet de leur contexte de travail. Quelques-unes de ces questions conditionnant l'observabilité sont transcrites dans le Tableau 9 ci-dessous.

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

[39] Le terme d'awareness peut se trouver décliné en de multiples nuances en fonction de l'aspect visé. Nous pouvons citer à titre d'exemple : général awareness, collaboration awareness, peripheral awareness, background awareness, passive awareness, reciprocal awareness, mutual awareness (…)[Schmidt 2002a].
Dans le cas qui nous intéresse, l'utilisation du terme d'observabilité mutuelle afin de désigner le « phénomène d'alignement et d'intégration de l'activité d'acteurs avec celles des autres, sans effort particulier, tout en conservant leur propre ligne d'action » semble suffisant pour comprendre l'objet de notre discours (Schmidt).

limiter les ‘zones d’ombres’ en diffusant une information équitable au sujet des actions et du travail effectué par les participants à une activité.

Concernant les acteurs	Qui a accédé au groupe ? Qui est là ? Qui arrive ? Qui fait quoi ? Où est un acteur ? Qui est au courant de ce que je fais ? Quel est le profil d’un acteur ? Quels sont les domaines d’expertise d’un acteur ?
Concernant les documents	Qui est le propriétaire d’un document ? Qui travaille sur un document ? Sur quels documents travaille-t-on en ce moment ? Sur quels documents a-t-on travaillé ? Sur quelle partie d’un document est -on en train de travailler ? Quels sont les documents liés ?
Concernant les activités	Quelles sont les nouveautés ? Quel rôle joue un acteur ? Quel acteur joue ce rôle ? Quelles sont les activités à venir ? Où en sommes-nous dans la réalisation d’une activité ? Quel est l’historique de cette activité ? Qui peut y accéder ?

Tableau 9 : Questions relevant de l’observabilité mutuelle et de la perception du contexte.

5.2.4 - Synthèse de ces deux approches

Lorsque nous avons défini au chapitre 3 les modes de coordination apparaissant au cours d’un projet, nous avons montré que la situation était différente au cours des phases de conception et de production. Les modes de coordination que nous avons alors isolés sont ‘explicite’ et ‘implicite’. Dans un cas réel, il n’existe cependant jamais de situation qui appartiendrait uniquement à l’une de ces deux catégories, une situation interactive sera toujours une combinaison de ces deux modes de coordination.

Au cours de la conception, les acteurs privilégient un mode de coordination recelant une grande part d’implicite. Cette part d’implicite, même majoritaire, s’accompagne inévitablement d’une planification de l’activité du groupe car nous ne nous trouverons, bien entendu, jamais dans une situation totalement informelle. La règle est, évidemment, 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 son environnement [Salvador *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 semblables à celles que nous avons listées dans le Tableau 9.

	L'outil comme support de régulation implicite	L'outil comme support de régulation explicite
Situation fortement couplée	Média Spaces écrans partagés tableau blanc …	Workflow
Situation faiblement couplée	Notification, historique des modifications ...	Agenda de groupe listes de contrôle ...

Figure 46 : Modes de travail et assistances à la régulation[40].

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.

5.3 - Confrontation avec le domaine de la conception d'ouvrages bâtis

Après avoir défini les principes du collecticiel puis les applications des principales fonctionnalités qu'ils proposent, nous allons maintenant confronter cette connaissance à la réalité de la conception afin de mieux cerner les attentes des acteurs du domaine. Cette mise en situation a été réalisée au cours de plusieurs actions menées tout au long de cette thèse. Tout d'abord, nous avons mené une expérimentation d'utilisation d'un collecticiel au cours de la conception d'un projet, nous avons ensuite participé à une action d'envergure nationale impliquant les diverses fédérations professionnelles du bâtiment, enfin nous avons pu bénéficier de contacts permanents avec les praticiens du domaine afin de mener des actions ponctuelles destinées à préciser ou à vérifier nos hypothèses.

Notons que les expériences présentées dans les paragraphes suivants ne suivent pas un ordre chronologique strict afin de privilégier la progressivité de notre discours.

[40] Illustration réalisée d'après [Carstensen et Schmidt 2002 p.17].

5.3.1 - Grille d'analyse fonctionnelle

Au cours des premiers mois de cette recherche, nous avons été amenés à choisir un collecticiel permettant de réaliser une expérimentation concernant l'application d'un tel outil au contexte de la conception (nous détaillerons cette expérimentation plus loin). Pour ce faire, nous avions dressé une liste des fonctionnalités qui nous semblaient pertinentes au regard de notre connaissance de la situation à supporter. Le contenu de cette première analyse est largement argumenté dans la thèse d'Olivier Malcurat [Malcurat 2001]., il n'est par conséquent pas utile d'y revenir longuement ici.

Espaces fonctionnels	**Fonctionnalités**		
Production	Visualisation de documents		☐
	Édition simultanée de documents		☐
	Annotation de documents dans l'outil (redlining)		☐
Coordination	Gestion d'agenda		☐
	Visualisation de planning de projet (Gantt ou PERT)		☐
	Visibilité de l'agenda des collaborateurs		☐
	Listes de contrôle (To do list)		☐
	Historique des événements		☐
	Gestion des droits d'accès aux données		☐
Conversation	Chat		☐
	Visioconférence		☐
	Audioconférence		☐
	Tableau blanc partagé		☐
Communication	Gestion de versions		☐
	Messagerie (email)		☐
	Messagerie interne (Newsgroups)		☐
	Distinction entre espaces privé et public		☐
Régulation	Explicite	Planification de tâches	☐
		Gestion des droits	☐
		Suivi de l'exécution (Workflow)	☐
		Verrouillage des objets en cours de modification	☐
		Alertes (dates limites etc..)	☐
	Implicite (fonctions d'awareness)	Profil des acteurs	☐
		Rapports d'événements (notification)	☐
		État des objets (en cours, validé, etc..)	☐
		Acteurs en ligne	☐

Tableau 10 : Fonctionnalités supportant le travail de groupe.

Les fonctionnalités alors mises en avant portaient principalement sur la communication de données entre les acteurs et l'échange de messages permettant de favoriser l'observabilité mutuelle des acteurs du projet.

Au cours de l'évolution de ce travail, il nous a été possible de constituer une grille d'analyse permettant de caractériser le profil d'un collecticiel selon les quatre espaces fonctionnels existant (Tableau 10). Il faut noter que cette évaluation ne saurait permettre en aucun cas de porter un jugement de valeur sur un produit, il s'agit simplement de mettre à plat l'offre fonctionnelle et de déterminer l'applicabilité d'un outil à une situation donnée.

Par rapport aux classifications proposées par [Hoogstoel 1995 ; Tarpin-Bernard 1997] notre grille ne détaille pas les fonctions d'édition synchrone, ce point n'étant pas pour l'instant répandu dans notre domaine. Nous avions choisi de nous concentrer sur les fonctionnalités à dominante asynchrone. Cette grille a connu des développements au-delà de la recherche d'un collecticiel permettant de réaliser une expérimentation. Elle a également servi de base de discussion lors de notre participation au projet 'démocratiser le Web-construction' dont nous allons dire quelques mots, puis à la mise en place d'expérimentations en situation et enfin à l'occasion d'entretiens avec des professionnels.

5.3.2 - Le projet DémoWeb comme premier cadre d'expérimentation

Le projet Démoweb (démocratiser le Web-construction), débuté en novembre 2000, avait pour objectif de proposer un outil de formation à l'échange informatisé de documents destiné aux professionnels du secteur du bâtiment. Ce projet a mobilisé sur une durée d'un an des experts appartenant aux fédérations professionnelles impliquées dans le projet, à savoir : l'UNSFA (Union de Syndicats Français d'Architectes), la FFB (Fédération Française du Bâtiment), la CAPEB (Confédération de l'Artisanat et des Petites Entreprises du Bâtiment), l'association ArchiNOV (Architecture et Innovation), l'association Médiaconstruct et le Plan Urbanisme Construction et Architecture appartenant au ministère de l'Industrie (commanditaire du projet). Le CRAI était impliqué à part entière dans ce projet dans le but de faire partager l'expérience accumulée au sein de notre laboratoire en terme d'outils collaboratifs. Ce groupe de réflexion avait pour mission de déterminer les caractéristiques d'un outil d'échange et de partage d'information destiné au bâtiment, d'évaluer les plateformes de projet disponibles sur le marché et de proposer un outil minimal permettant de former les professionnels. L'objectif final était donc de tenter d'appliquer les expériences acquises avec les armoires à plans informatisées à des projets de taille courante.

L'intérêt que nous avons porté à ce projet fut grand car les occasions de rassembler les professionnels de l'ensemble de la filière sont plus que rares, nous pouvions ainsi confronter nos hypothèses à un panel d'acteurs connaissant parfaitement les attentes et les besoins de leurs corps de métiers respectifs. De plus, les acteurs impliqués sont tous des praticiens en contact constant avec la réalité de leur profession. Les participants au projet étaient toutefois des utilisateurs

avertis d'outils informatiques, il est donc apparu comme nécessaire de mener une enquête parallèle impliquant des utilisateurs courants.

Les résultats publiés en conclusion du projet étaient clairement orientés vers la diffusion grand public [Démoweb 2002 ; UNSFA 2002], ils ne traduisent pas par conséquent la richesse des débats menés au cours des rencontres qui ont jalonné ce projet. Nous ferons état ici des conclusions que nous avons pu tirer de cette expérience, du point de vue de l'adéquation des outils avec les attentes des professions. Dans un premier temps, nous avons proposé aux membres du projet une grille d'analyse semblable à celle présentée ci-dessus (Tableau 10), puis celle-ci a été adaptée au langage du métier et aux points que les acteurs désiraient mettre en avant. Par exemple, une colonne présentant le mode d'accès à l'outil (client ou navigateur) a été ajoutée car ceci avait des répercussions sur la mobilité des acteurs[41]. Deux grilles ont été utilisées au cours du projet : la première était destinée à faire ressortir les caractères principaux du collecticiel inspecté afin de permettre la sélection de dix plateformes étudiées plus en détail ; la seconde grille était une évolution de la première se focalisant plus sur les aspects 'métier'. Le Tableau 11 reprend les points principaux des grilles mises en œuvre dans ce projet.

De manière générale, l'accent a été mis sur une évaluation subjective des plateformes par des utilisateurs appartenant au métier. Les participants devaient indiquer si le collecticiel était satisfaisant au regard de leur expérience et de leur connaissance de l'outil informatique. La première analyse portait sur une trentaine de plateformes collaboratives, aussi bien généralistes qu'orientées vers les métiers du bâtiment. À partir de ce premier échantillon ont été tirés dix plateformes soumises à une analyse plus fine du point de vue des fonctionnalités de type armoires à plans (gestion des documents). Notons tout de même que cette étude n'a pas fait apparaître de fonctionnalités de dialogue synchrone ('chat') car au moment de l'étude ce type d'outil était utilisé de manière très marginale dans le domaine du bâtiment.

En ce qui concerne les acteurs de notre secteur, la coopération se fait plutôt de manière asynchrone ou séquentielle itérative. Les fonctionnalités présentes dans un outil dédié à notre domaine seront donc plutôt orientées vers les domaines de la coordination, la coopération et la communication que vers l'édition concourante de documents. C'est ce que l'on retrouve d'ailleurs dans les critères mis en avant.

Un point intéressant a été de remarquer que la composition du groupe a conduit à reproduire le clivage constaté entre les modes de coordination prioritairement utilisés en conception et en réalisation. Les concepteurs réclamaient des outils simples, flexibles et faciles à administrer, alors que les professionnels de la construction réclamaient des outils permettant de fiabiliser leurs procédures, défendant ainsi la thèse du workflow. Cette situation tend par conséquent à appuyer l'analyse que nous avons faite au cours des chapitres précédents.

[41] Rappelons-nous que les années 2000-2001 ont été marquées par l'essor des plateformes de services 'en-ligne' à orientation grand public du type des e-groups etc. Dans le contexte de l'époque, les éditeurs voyaient le monde du bâtiment comme un moyen de diversifier leur activité, l'offre était par conséquent pléthorique.

Nom du produit	
Gestion des documents	□ Circuit d'approbation des plans □ Contrôle des situations de travaux □ Possibilité de routage des fichiers vers un tiers (tirage de plans) □ Visualisation de documents dans l'outil □ Gestion des versions Granularité de gestion des droits : □ sur les projets □ sur les dossiers □ sur les fichiers
Gestion hors ligne	□ Réplication des données □ Verrouillage des données sur le serveur □ Indication de conflits (versions concurrentes)
Gestion du groupe	□ Notification des événements par mail □ Historique des actions □ Planning □ Cohérence de planning entre acteurs
Appropriation de l'outil	□ Apprentissage facile □ Apprentissage difficile mais efficace □ Apprentissage trop difficile
Commentaires	

Tableau 11 : Type de grille utilisée au cours du projet DémoWeb.

5.3.3 - Enquêtes menées auprès d'utilisateurs

Le travail d'enquête mené au cours de la thèse présentée ici a suivi deux directions principales : la première dans le cadre du projet que nous venons de présenter et qui nous a permis d'entrer en contact avec des utilisateurs réels ; la seconde dans le cadre d'entretiens avec des architectes menés tout au long de ces trois années de recherche. Le panel des acteurs que nous avons interrogé n'a pas vocation à constituer un échantillon (ni en taille ni en composition) permettant une validation statistique de notre proposition. Pour des raisons évidentes de disponibilité de ces acteurs, une expérience à grande échelle ne pouvait être envisagée. L'objectif a donc été, pour nous, de rechercher des acteurs représentatifs de leurs professions (architectes, dessinateurs, bureaux d'études, offices HLM) afin de déterminer les rapports qu'ils entretiennent avec l'outil informatique.

L'enquête réalisée en marge du projet DémoWeb a été menée auprès de 33 entreprises du secteur et a pris la forme d'entretiens téléphoniques de 30 à 40 minutes. Un questionnaire, établi au préalable, servait de base à l'interrogateur pour orienter la discussion et obtenir des détails concernant la motivation des réponses formulées. Le dialogue fut largement facilité par le fait que les deux interlocuteurs partageaient une même culture professionnelle. Ces entretiens ont permis de confirmer les éléments suivants :

- Les outils collaboratifs sont actuellement utilisés de manière marginale sur les projets ;
- Les utilisateurs sont intéressés mais n'estiment pas avoir un gain immédiat ;

- Les utilisateurs craignent d'être 'pistés' par l'outil ;
- L'utilisation des outils qui leur sont présentés semble trop compliquée, ce qui témoigne d'un manque de formation des acteurs concernés ;
- Les utilisateurs demandent une plus grande ergonomie des interfaces.

Ces remarques sont à mettre en perspective du contexte de l'époque et de l'évolution des outils mais les tendances sociales que nous avons pu identifier au début de ce document se retrouvent au cours de ce projet.

Dans un second temps, nous avons noué des liens sur un plus long terme avec quelques acteurs nancéiens afin d'entamer un dialogue et d'envisager en leur compagnie l'insertion d'outils supportant le travail de groupe dans leurs agences. Cette série d'entretiens nous a permis de mieux entrevoir les possibilités d'appropriation de ces outils par les utilisateurs courants. De même, nous avons profité de chaque occasion (colloques et de rencontres informelles) pour présenter nos travaux en cours et obtenir des réactions 'à chaud' de leur part.

5.3.4 - Bilan du projet DémoWeb

Le projet DémoWeb a permis aux fédérations professionnelles impliquées de déterminer les besoins de leurs adhérents en terme de formation aux nouvelles technologies. Ce projet a été suivi par la mise en place d'un cycle de formation utilisant un 'cyber-bus' pour rencontrer les professionnels sur le terrain. Ce type de formation semble rencontrer un vif succès auprès des professionnels et permettra certainement de populariser l'usage de collecticiels dans le domaine du bâtiment [Unsfa 2003a , 2003b].

Pour notre part, nous avons pu constater un décalage entre les besoins formulés par les participants au projet et la base des utilisateurs, notamment concernant l'apport de fonctionnalités de gestion automatisée. Les utilisateurs redoutent en général que l'outil serve de moyen de pression à leur encontre, ce qui constitue leur principale réticence quant à l'utilisation d'un collecticiel au cours de leurs projets.

Le projet DémoWeb nous a permis de remarquer que les fonctionnalités permettant de supporter l'activité d'un groupe de concepteurs existent, mais que les acteurs éprouvent de grandes difficultés à les mettre en œuvre dans leurs pratiques quotidiennes. Ceci s'est également vérifié au cours de ce projet où il a été difficile de mettre en place une plateforme informatique supportant nos interactions. Le contexte financier de la construction rend difficile l'application de nouveaux outils, les budgets étant calculés au plus près, il est légitime de s'interroger sur le fait de savoir qui va supporter la mise en place et la maintenance d'un outil, de même il est difficile de faire accepter à un acteur de supporter une charge de travail supplémentaire sans le rétribuer en conséquence. Il est donc difficilement possible de mettre en place un rôle de 'médiateur' des échanges supportés par l'outil tel qu'il est défini dans [Ferraris et Martel 2000].

La rencontre de professionnels nous a permis de mieux connaître leurs demandes (pour ne pas dire besoins). De manière générale, que ce soit par le biais d'un outil informatisé ou de manière traditionnelle, les acteurs désirent « savoir ce qui se passe » et pouvoir échanger de l'information

de manière fiable (pas de perte, pas de mauvaise interprétation). Il apparaît par conséquent nécessaire de porter nos efforts sur les moyens permettant de favoriser l'observabilité mutuelle des acteurs. La mise en œuvre de fonctionnalités orientées vers le gain de productivité se fera dans un second temps, une fois que les outils auront été assimilés par les professionnels. Les réactions des professionnels montrent que seul l'usage d'une fonctionnalité a de l'importance. En effet, il ne suffit pas de proposer un ensemble de fonctions, il faut que l'utilisateur sache en tirer parti au quotidien. Si celui-ci identifie un bénéfice pour ses pratiques, il sera naturellement enclin à utiliser un nouvel outil, la généralisation de la téléphonie mobile est en cela exemplaire. Cette expérience nous a permis de déterminer les outils utilisés couramment dans notre profession (Figure 47) et nous a donné des pistes pour aborder de nouvelles discussions avec des professionnels de notre secteur (architectes, responsables BET …).

	Communication	**Gestion de projet**
Non informatisé	Téléphone Fax Courrier postal	Plannings types à compléter Rédaction de comptes-rendus Procédures qualité Chartes d'interchange
Informatisés manuels	Email	Planification graphique
	Vidéoconférence 'Chat' Maquette numérique partagée	Agendas partagés Outil de gestion de projet Fils de discussion avec documents attachés (forums)
Semi automatisés	Plateformes de gestion de projet (espace de projet partagé)	Rappel des tâches Planification de réunion Messagerie interne par projet
	Fonctions d 'awareness	Notification des changements Etc…
Automatisés: **Outils intégrés de gestion de projet (gestion de processus)**	Fonctions de workflow Panier de tâches	Gestion de la production Travail synchrone Partage synchrone de documents Coordination permanente

Outils utilisés actuellement

Figure 47 : Degré d'informatisation de la profession.

5.4 - Expérimentations dans un contexte de conception

Nous présentons ici deux expériences menées au cours de la réalisation d'un projet architectural réalisé sur une période s'étalant d'octobre 2000 à juin 2002. La réalité des programmes pédagogiques nous a amené à réaliser deux expériences représentant en réalité la poursuite d'un même projet. La première expérimentation a été menée au cours des phases d'esquisse en utilisant un collecticiel généraliste, puis la seconde expérimentation s'est déroulée au cours de phases plus avancées en utilisant cette fois un collecticiel mis en œuvre au CRAI. Ces expérimentations ont fait l'objet de communications dans la thèse d'Olivier Malcurat, les

mémoires de DEA et les travaux personnels de fin d'études de Vincent André et Alain Peupion. [André 2001 ; André et Peupion 2002 ; Peupion 2001]. Nous en reprendrons ici les caractéristiques les plus marquantes puis nous en tirerons les principaux enseignements.

5.4.1 - Concepteurs en situation de projet : l' expérience Painlevé

Cette expérimentation fut réalisée en collaboration avec Olivier Malcurat [Malcurat 2001] et impliquait trois étudiants en dernière année d'études, deux professeurs, les services techniques de la ville de Nancy et une association de quartier. Cette expérience a servi de cadre pour l'observation des interactions existant entre les acteurs à travers l'outil et en parallèle à celui-ci (un suivi rigoureux des interactions a été mené puis analysé [Malcurat 2001 p.77-91]). Nous avons également pu profiter de cette expérience pour proposer un scénario d'utilisation d'un collecticiel qui a servi de support à l'équipe ECOO du LORIA lors de la réalisation d'une vidéo de démonstration de son environnement collaboratif MOTU.

Le projet utilisé comme support pour cette expérimentation concernait le réaménagement de la place Paul Painlevé à Nancy, actuellement réduite à des flux routiers. Le choix de ce projet a permis d'obtenir une implication forte des services techniques de la ville de Nancy et des associations de riverains, du fait des enjeux majeurs qu'il portait. Cette implication était nécessaire pour obtenir une utilisation de l'outil de la part des acteurs externes à l'école d'architecture. Pour assurer une transmission correcte de l'information, une charte d'interchange avait été passée entre les participants du projet, à l'image des pratiques courantes dans la profession. Nous ne reviendrons pas ici sur le contenu de ce projet afin de nous concentrer sur les conclusions que nous avons pu en tirer.

Le mémoire de thèse d'OM fait état d'un premier niveau de remarques générales concernant l'utilisation d'un collecticiel par un groupe de concepteurs :

- La qualité de la notification des changements survenant dans l'outil est largement conditionnée par la quantité d'informations transmises. Si les notifications sont trop importantes, les utilisateurs finissent par ne plus en tenir compte ;
- Un relâchement dans la rigueur du nommage des fichiers a été constaté au cours du projet. Au cours de l'avancement, les acteurs n'utilisaient plus les règles qu'ils avaient énoncées au début du projet ;
- Les fonctionnalités de planification de réunion sont peu utilisées, les acteurs préférant des vecteurs de coordination qu'ils jugent plus 'simples' (entendons par cela 'plus habituels'). Dans le projet examiné, deux réunions sur trente ont été planifiées en utilisant l'outil (nous sommes donc bien en présence de processus informels).

En parallèle à cette expérimentation, l'utilisation d'un outil dans des conditions 'réalistes' nous a permis de remarquer une difficulté que nous n'avions pas mise en avant préalablement : la structuration hiérarchique de l'information échangée a un impact non négligeable sur la qualité de travail de groupe. En effet, la structuration en dossiers a obligé les acteurs à dupliquer leurs fichiers au cours du projet et a induit un certain nombre de risques d'erreurs [Hanser *et al.* 2001].

Pour des raisons de commodité, l'espace partagé était géré par les acteurs les plus habiles à manipuler l'outil, dans ce cas ce fut les dessinateurs. La gestion des droits et la structuration des dossiers traduisent par conséquent leur point de vue sur le projet. Nous nous contentons ici de relater une situation d'interaction, nous avons conscience de la trivialité de certaines des actions réalisées (copies parfois inutiles) mais ces comportements sont typiques des situations que nous avons étudiées.

Afin de respecter la structuration usuelle d'un projet (voir chapitre 2), les acteurs ont commencé par créer des dossiers correspondant chacun à une phase[42]. Soucieux de préserver la confidentialité des échanges au sein de chaque structure, des répertoires possédant des droits d'accès restreints ont été crées pour chaque groupe d'intervenants en fonction de leur rôle (rôle organisationnel). Ensuite, afin de permettre l'accès public, les acteurs ont crée un répertoire en accès libre afin de diffuser des documents aux riverains du projet et à la commission de quartier (Figure 48).

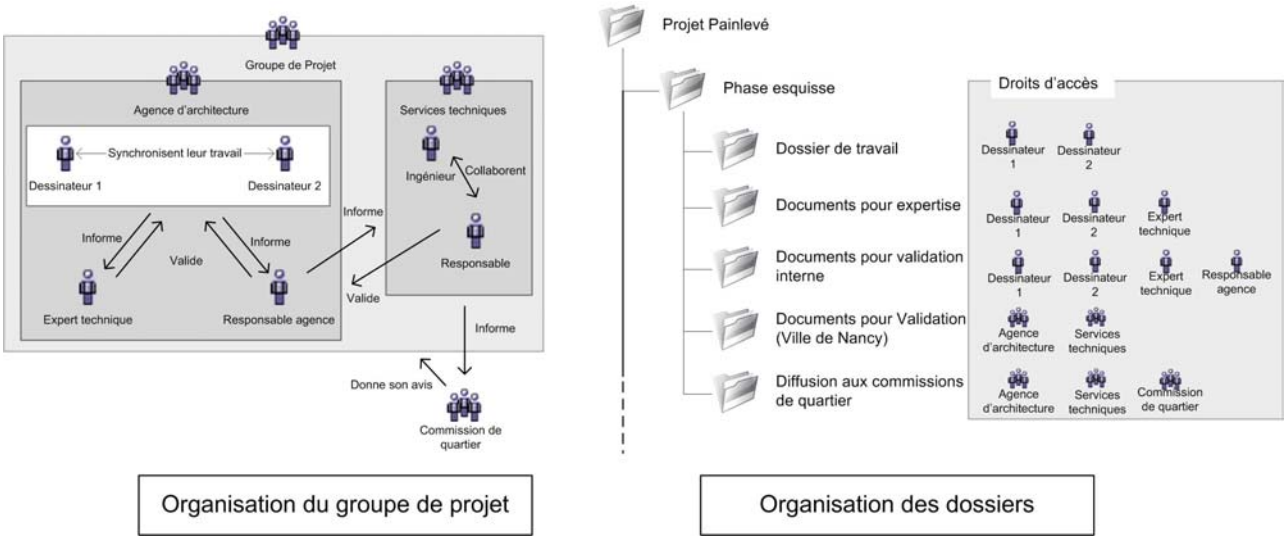


Figure 48 : Structure du groupe et des répertoires utilisés au cours du projet Painlevé.

Au cours du projet, les acteurs ont été amenés à dupliquer leurs fichiers d'un dossier à un autre afin de les rendre visibles. La Figure 49 montre les opérations réalisées par les acteurs pour se coordonner sur un cas d'interaction très simple (chaîne de validation). Cette duplication a eu pour conséquence de court-circuiter le système de gestion de versions présent dans l'outil et a donc ouvert la porte à un certain nombre de confusions dans les fichiers. Il est arrivé que les acteurs éprouvent des difficultés à retrouver quelle version d'un document était à jour, et quelques erreurs ont été commises (pertes d'informations). L'observation de ces situations nous a conduit à émettre des réserves concernant la gestion hiérarchique des documents dans un contexte de conception. Nous avons donc tenté de déterminer les solutions envisageables pour

[42] Il faut noter ici que les utilisateurs n'étaient pas guidés dans l'utilisation de l'outil, l'objectif étant de déterminer la capacité d'adaptation à ce nouveau type de support. La structuration mise en place a donc été décidée par les acteurs eux-mêmes.

pallier à ce problème et deux pistes ont été formalisées : l'utilisation de requêtes typées permettrait aux acteurs de mieux se coordonner (Article OM) ; une gestion basée sur l'expression des relations entre acteurs et activités et documents permettrait de favoriser une prise en compte du contexte par les acteurs.

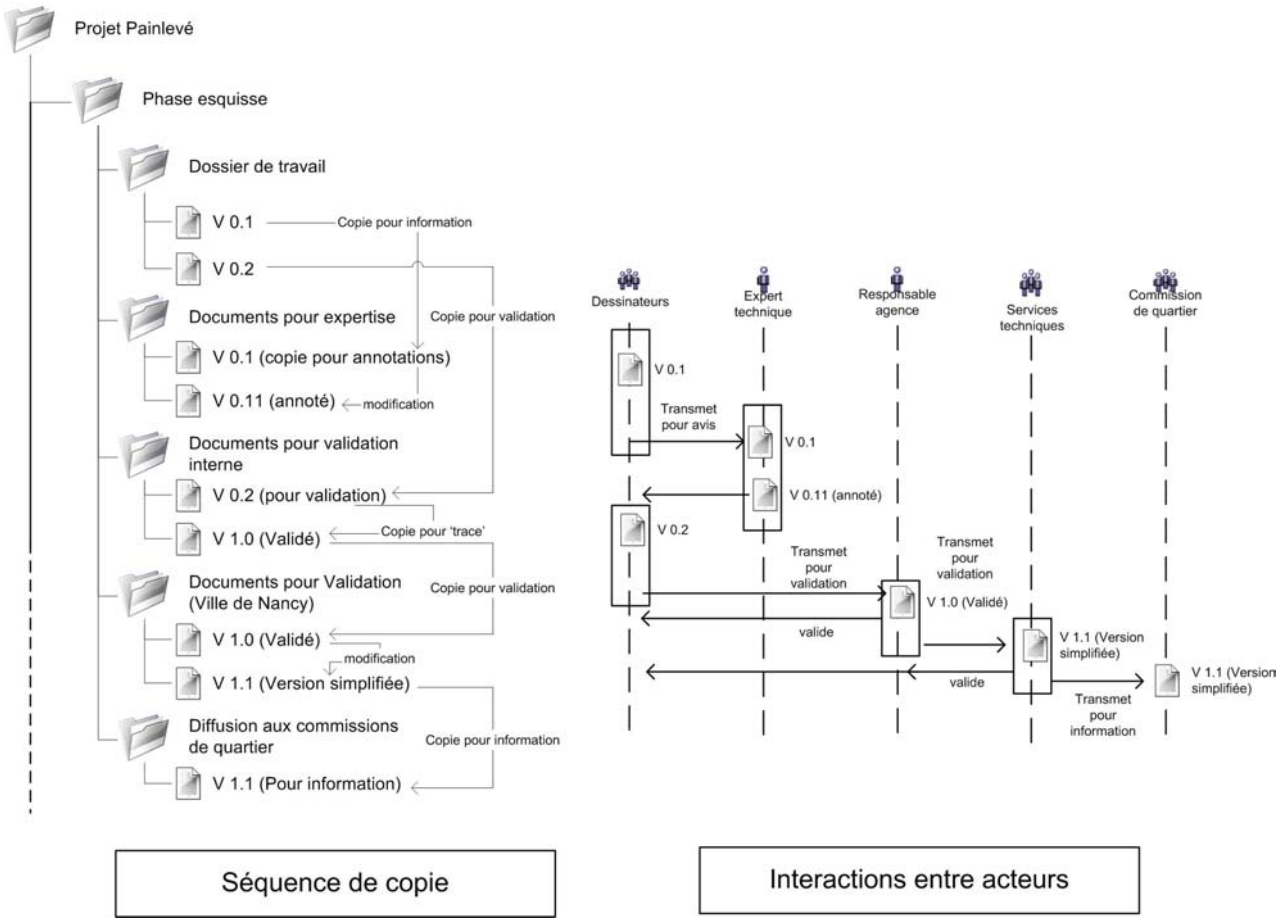


Figure 49 : Séquence de duplication des documents au cours du projet Painlevé.

Ce projet a permis d'identifier un problème de *'présentation de l'information'*, une représentation hiérarchique sous forme de dossiers et de sous-dossiers ne permettant pas aux utilisateurs de se faire une bonne image de l'avancement du projet. Cette expérience nous a également permis de constater que, malgré l'utilisation d'un outil destiné à supporter des processus informels et des interactions peu couplées[43], la mise en place d'un outil collaboratif dans un projet demeure complexe. D'autre part, le degré de codification de l'interface semble

[43] Le collecticiel utilisé pour cette première expérimentation était BSCW (Basic Support for Cooperative Work, développé par le laboratoire de recherche GMD en Allemagne). Cet outil représente l'archétype du collecticiel généraliste permettant de supporter le type de situations que nous rencontrons au cours de la conception. L'évolution actuelle des collecticiels semble confirmer la justesse de ce choix, les fonctionnalités proposées actuellement par les collecticiels grand public n'ont guère évolué par rapport à la version que nous avions utilisée pour cette expérimentation.

être un frein pour une diffusion de ce type d'outil à un public d'architectes et de professionnels du bâtiment. La poursuite de ce projet dans le cadre de deux DEA nous a permis de mettre en place une plateforme simple (Bat'Group) reprenant les recommandations formulées par Oliver Malcurat en intégrant un système de coordination basé sur l'utilisation de requêtes typées tel qu'il le préconisait.

5.4.2 - L'utilisation de requêtes typées : la plateforme Bat'Group

L'expérimentation que nous allons évoquer dans les lignes suivantes se situe dans le prolongement de l'étude portant sur la place Painlevé, les acteurs impliqués n'ont pas changé. Les acteurs ont utilisé l'outil d'échange que nous avions mis en place pour l'occasion et ponctuellement d'autres outils existants tels que le dialogue textuel synchrone (chat), l'e-mail ou le tableau blanc partagé. Notre objectif n'était pas d'introduire une innovation au niveau des fonctionnalités, mais plutôt d'expérimenter un mode de coordination simple fondé sur la perception des intervenants, en plaçant la requête typée comme support unique de coordination.

Pour la conception de Bat'Group nous avons adopté un parti volontairement caricatural : chaque acteur est le propriétaire exclusif des objets qu'il crée, lorsque celui-ci émet une requête, il transmet certains droits au(x) destinataire(s) en fonction de la requête choisie. Par exemple, une demande de modification donne un droit d'édition sur le document. Bien entendu, nous avons conservé le principe d'un administrateur possédant une capacité d'action sur l'ensemble du système. Par rapport à ce que nous avions montré plus haut, la gestion des droits d'accès se trouve ainsi grandement simplifiée et n'invite plus l'utilisateur à réaliser des copies de fichiers afin de s'abstraire d'une administration des droits trop fastidieuse.

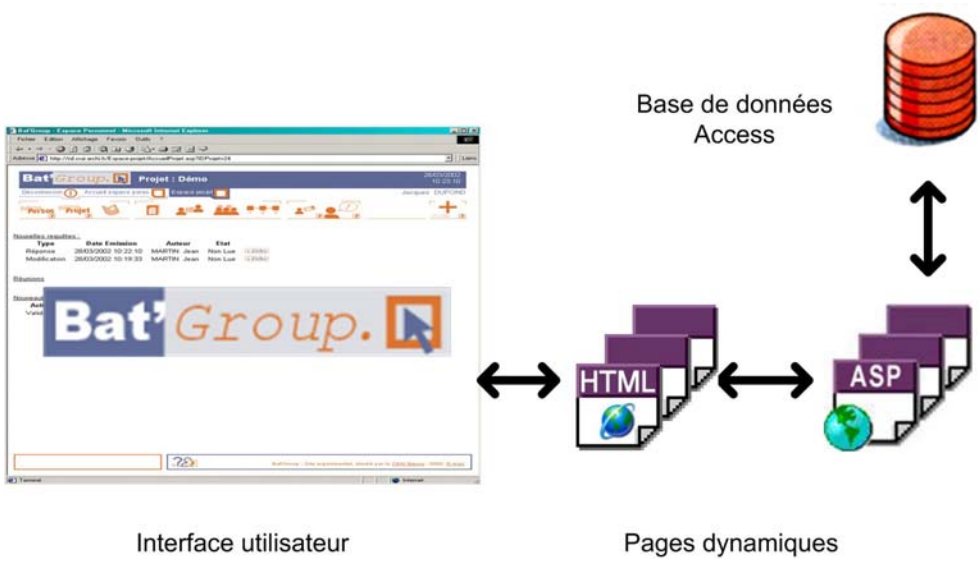


Figure 50 : Architecture de la plateforme Bat'Group.

Un soin particulier a été apporté à l'interface afin de rendre l'outil attractif pour les intervenants extérieurs, nos expériences précédentes ayant montré que cet aspect était le principal motif de refus de la part de nos interlocuteurs. Dans ce prototype d'outil, nous avons opté pour une mise en page claire et aérée afin de proposer différents niveaux de détails dans les informations présentées à l'utilisateur.

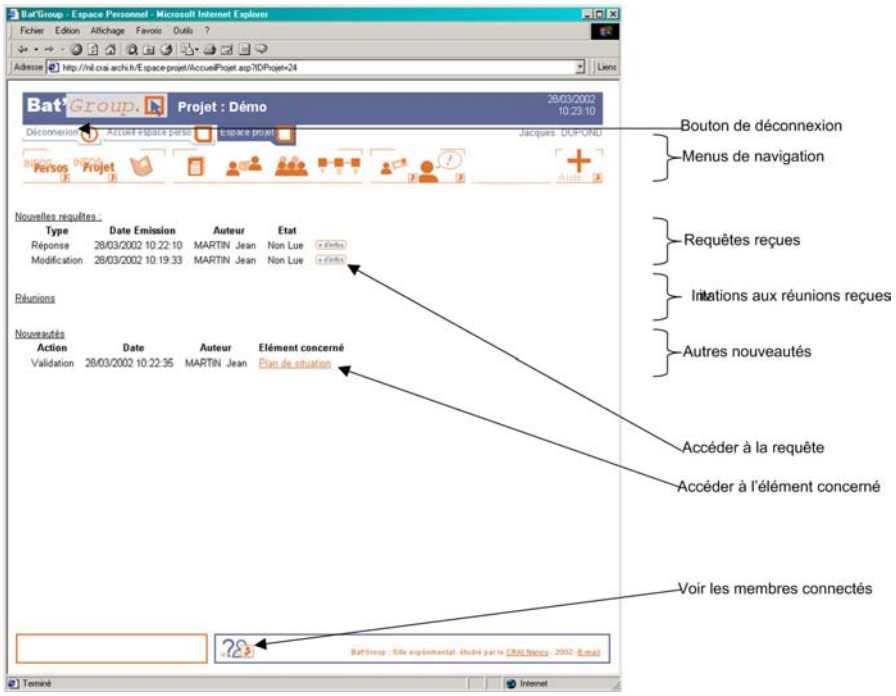


Figure 51 : Exemple de fenêtre de Bat'Group.

Les conclusions de cette expérience, formulées par les participants eux-mêmes [André et Peupion 2002], ont confirmé l'apport d'un mode de coordination à base de requêtes typées dans le cadre de processus peu formalisés. Les remarques des participants ont également confirmé ce que nous pressentions au sujet de la représentation du contexte au travers d'un outil : le mode de représentation sous forme de liste et d'espaces hiérarchiques ne permet pas une bonne représentation de la complexité des interactions apparaissant au cours d'un projet architectural.

En effet, tant le projet DémoWeb que l'expérimentation Painlevé/Bat'Group ont montré que les fonctionnalités permettant à un groupe de concepteurs d'échanger et de se coordonner existaient et étaient présentes dans la plupart des outils collaboratifs qui leur sont proposés. Les difficultés rencontrées au cours de leur mise en œuvre dans un contexte réel sont par conséquent d'un autre ordre. La capacité, pour un concepteur, à retrouver le contexte d'un document ou d'une activité est certainement le facteur principal conduisant à une appropriation de l'outil.

La vision contextuelle proposée dans Bat'Group constituait une avancée par rapport aux outils alors disponibles mais ne permettait pas encore de retrouver immédiatement les relations qui existent entre les documents, surtout lorsqu'un document est composé de références externes,

de différents plans (document métier) appartenant à plusieurs acteurs et dans des versions différentes. Au cours de cette expérience, nous avons pu remarquer que les acteurs avaient tendance à se perdre dans les listes de fichiers et de documents présents dans l'espace partagé. Cette tendance était amplifiée par la difficulté de faire respecter une nomenclature homogène des fichiers présents sur le serveur, ceci sera réglé simplement en introduisant un système automatisé, attribuant un nom codifié lors du dépôt d'un document.

5.4.3 - Scénario d'interaction

Les expériences que nous venons de présenter ont permis de déterminer quelques situations d'interaction décisives lors de l'utilisation d'un collecticiel par une équipe de concepteurs. Le scénario que nous proposons ici se base sur des situations que nous avons pu observer dans les expériences décrites plus haut. Le scénario illustre une partie des questionnements que nous avons décrits à propos de l'observabilité mutuelle p. 102 (qui fait quoi ? etc.) en les replaçant dans un contexte de projet réaliste. Ce scénario nous a permis de tester différentes plateformes de manière plus objective car seule la plateforme varie, la comparaison devient ainsi plus aisée.

Le contexte que nous avons utilisé pour illustrer ce scénario se base sur celui du projet de réaménagement de la place Paul Painlevé à Nancy car nous disposons d'un ensemble de données conséquent concernant à la fois le projet et les intervenants [Malcurat 2001 p.77-91]. Le groupe que nous utilisons pour ce scénario comporte deux bureaux d'architecture co-traitants, un bureau d'études techniques mandataire du projet, les services techniques de la Ville et des intervenants extérieurs (riverains, concessionnaires des réseaux, …).

La situation décrite concerne la phase de mise en place du projet et les premiers échanges entre les acteurs :

Les acteurs se réunissent et déterminent ensemble les rôles de chacun et désignent la personne chargée d'effectuer le paramétrage de l'outil pour le nouveau projet. Une fois l'outil paramétré, les acteurs commencent leur travail en déposant des documents de référence concernant le projet (cadastre, photographies du site, etc.) puis démarrent la phase d'esquisse où les architectes vont produire différentes propositions et vont interagir avec les autres membres afin d'obtenir de l'expertise ou une validation. Une première itération se termine par une réunion de synthèse avec le maître d'ouvrage afin de lui proposer les différentes options dégagées au cours de ce travail d'esquisse. Le maître d'ouvrage examine les propositions et formule des remarques qui vont conduire les maîtres d'œuvre à modifier leurs esquisses afin d'intégrer ces remarques. La boucle d'itérations se termine lorsque le maître d'ouvrage accepte l'esquisse et valide les options proposées. Le détail des interactions entre les acteurs (Figure 52) illustre les questions de la notification, de la gestion des tâches, de la prise de connaissance de l'état d'avancement du projet (contexte) et de la gestion de versions. Les éléments pris en charge par le système ne sont pas détaillés ici car leur fonctionnement dépend de la conception de l'outil utilisé, ce scénario sert de cadre et sera précisé en regard des fonctionnalités offertes par l'outil étudié. Certaines des interactions présentées ici entre deux acteurs pourront être médiatisées par l'outil selon les cas.

Le scénario présenté Figure 52 a servi de base de travail pour l'analyse et la validation de plusieurs collecticiels destinés au domaine du bâtiment. Ce scénario a également connu des développements en dehors de notre laboratoire, notamment pour la validation de l'outil MOTU développé par l'équipe ECOO du LORIA, puis pour la réalisation d'une vidéo montrant l'apport de l'outil MOTU dans une situation réaliste de travail coopératif dispersé[44]. Les concepteurs de MOTU ont orienté leurs recherches vers la médiatisation de situations synchrones, ce qui constitue un point de vue complémentaire au notre. Nous avons également utilisé ce scénario lors de la validation de notre prototype afin de déterminer l'apport du mode de coordination que nous proposons.

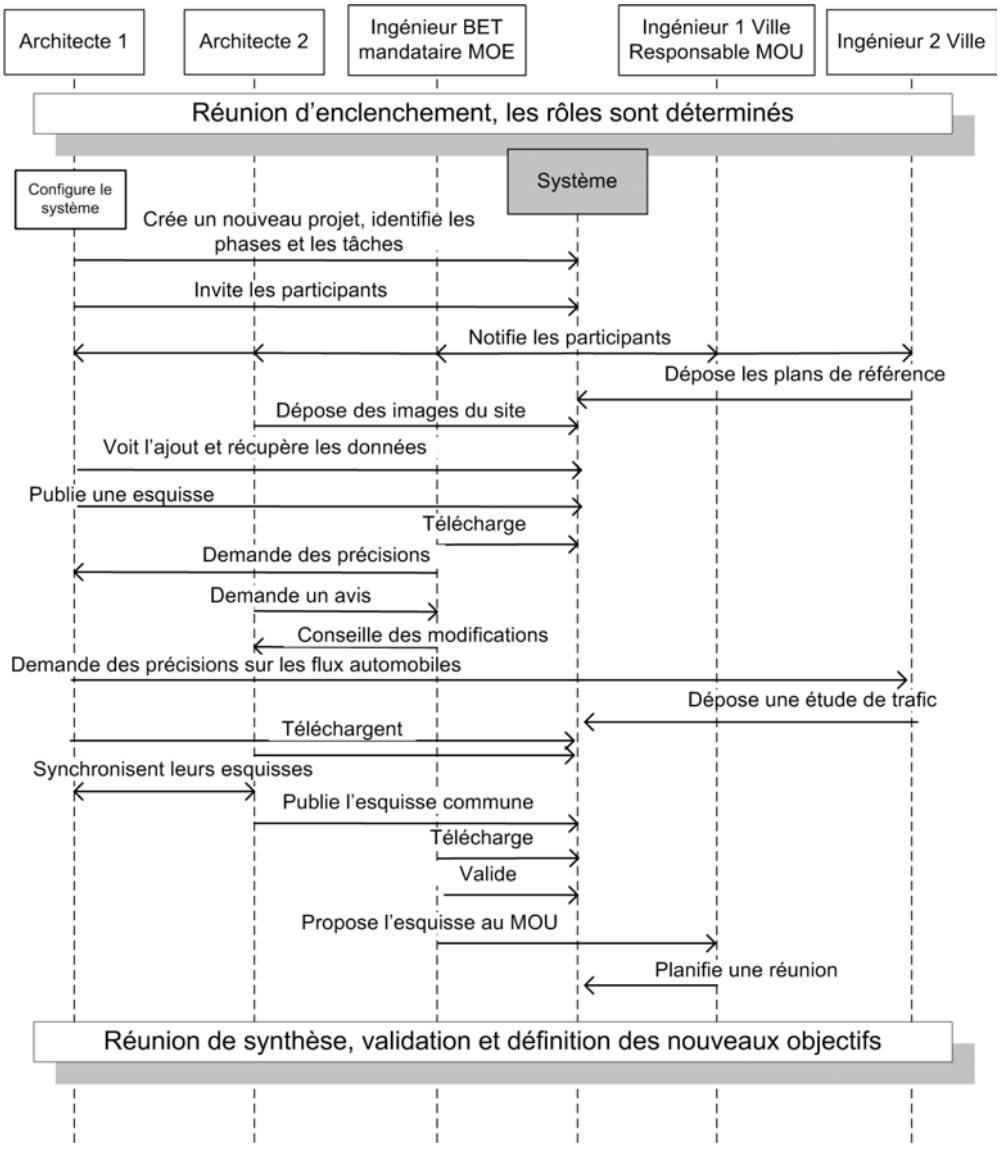


Figure 52 : Scénario d'interaction entre acteurs d'un projet.

[44] Le Synopsis de la concept-démo que nous évoquons ici est reproduit en annexe p. 197.

5.4.4 - Bilan général de ces expérimentations

L'implication de notre laboratoire dans un nombre important d'actions en direction des acteurs de la profession nous a permis de consolider notre connaissance des besoins et de déterminer une évolution possible des outils dans le cadre de situations de conception basées sur des processus informels. L'élément principal que nous en retirons est la difficulté généralement rencontrée par les participants à un projet lorsqu'il s'agit de prendre conscience du contexte à travers un outil collaboratif. Nos expériences ont permis de constater que les acteurs devaient fournir un effort considérable pour trouver une réponse aux questionnements concernant l'observabilité mutuelle repris dans le Tableau 9 page 102. Il semble important de noter ici que les outils servant de support à leurs interactions proposaient des fonctionnalités suffisantes d'un point de vue théorique, les utilisateurs ne parvenaient simplement pas à isoler aisément les informations pertinentes. Dans les domaines que nous avons pu explorer, les acteurs ont montré une culture informatique centrée autour de l'utilisation des logiciels courants (bureautique, dessin ou communication). De plus, les acteurs ont souvent montré de grands a priori (négatifs évidemment) concernant l'apport de la technologie dans une activité de groupe, contrairement à des expériences impliquant une communauté d'informaticiens ou de jeunes enfants. Les acteurs que nous avons rencontrés avaient déjà subi de nombreuses déconvenues et étaient par conséquent réticents à l'usage de tels outils.

Pour l'instant, les acteurs estiment que le rapport entre le temps investi dans l'appropriation de l'outil et le bénéfice attendu n'est pas avantageux pour eux par rapport aux moyens classiques. Le fait que ces acteurs ne soient pas coutumiers des principes d'organisation de l'information utilisés dans les collecticiels existants milite pour la recherche d'un mode de structuration de l'information adapté à leurs capacités spécifiques, afin de leur faire prendre conscience du contexte d'un projet. Les acteurs pourront ainsi mieux évaluer les liens qui existent entre les éléments et déterminer par eux-mêmes les actions à mener pour faire avancer le projet, c'est ce que nous appelons un mode d'auto-coordination. Les acteurs pourront ensuite utiliser des moyens de coordination explicites tels que l'envoi de requêtes et la planification de tâches.

Le mode de représentation que nous proposons tire parti de la grande capacité des professionnels du domaine du bâtiment à manipuler le graphisme en offrant un point de vue sur le projet centré sur les relations existant entre les éléments (acteurs, activités et documents). Cette proposition est l'élément de base du modèle tripartite que nous proposons au chapitre 4.

En résumé les enseignements que nous retirons de ces expériences sont :

- L'outil ne doit pas donner l'impression qu'il va servir de moyen de pression ;
- La coordination à base de requêtes typées constitue une valeur ajoutée pour des utilisateurs courants car elles permettent un suivi simple de l'exécution d'un processus, chaque acteur étant informé de ce que l'on attend de lui lors de la réception d'un document ;
- La 'notification' est un point important : elle permet de connaître les changements entre deux connexions, il faut cependant trouver le bon rythme de notification afin de limiter le risque de surcharge cognitive ;

- La notion d'espace 'de travail public' est utile dans notre contexte car il permet une diffusion vers des tiers : appels d'offre, etc… ;
- Il faut que les acteurs utilisent cet outil au quotidien : problème d'interopérabilité entre les plateformes et problème de visualisation du contexte. Multiplication des plateformes différentes au cours des différents projets : la proposition formulée pour l'intégration de notre modèle dans un principe généraliste peut être une voie à explorer ;
- L'outil doit donner une 'bonne' vision du contexte.

5.5 - Visualiser le contexte : un pas vers l'auto-coordination

Nous avons décidé de nous focaliser sur le problème de représentation de l'information car nous ne sommes pas informaticiens et nous ne voulons pas nous substituer à eux ; notre apport peut être vu sur un plan différent : montrer qu'une visualisation de l'environnement de projet permet de générer de l'observabilité mutuelle et favorise la compréhension du contexte. Pour réaliser cela, nous avons tiré parti des capacités offertes par les médias dont nous disposons. En effet, la généralisation de l'Internet et de sa structure en réseau a étendu l'espace de collaboration à la fois du côté de la gestion collaborative de l'information [Ginsburg et Kambil 1999] et également du côté de la gestion de projets coopératifs [Indrusiak *et al.* 2001].

5.5.1 - Visualisation graphique

Les modes de visualisation d'informations servent différents objectifs : la simulation d'une situation réelle, l'analyse (phénomènes physiques) ou la navigation. La visualisation graphique tire parti de la capacité à percevoir un espace informationnel dans son ensemble et met en scène l'information afin de faciliter la manipulation des données [Bruley 1999]. De nombreuses études et théories concernant la perception visuelle et son application à la représentation d'informations ont vu le jour depuis le XIXe siècle (Gestalt theorie, sémiologie graphique, etc...). La théorie de la forme (Gestalt) montre les caractéristiques de notre système visuel, en particulier en ce qui concerne notre capacité à déceler des irrégularités, à interpréter différents niveaux ou divers types d'informations dans un ensemble complexe de données. La sémiologie graphique initiée par Bertin [Bertin 1967] sert de fondement à une large partie des techniques de visualisation proposées actuellement. Le trait majeur de cette théorie est de mettre en relation la forme de la représentation et le type de données à visualiser : soit en fonction de la valeur d'attributs relatifs à un problème (visualisation de contraintes mécaniques dans une pièce métallique par exemple) ; soit en fonction de la structure de ces données, en identifiant les relations caractérisant celles-ci comme un ensemble (liens, contraintes, objets …) [Robert 2001 p.106].

La visualisation d'informations utilise quatre modes de structuration principaux [Hascöet et Beaudoin-Lafon 2001 p.4] :

- Les listes pouvant être ordonnées (listes de fichiers, horaires de transports, etc…) exemples :
- Les arborescences représentant une organisation hiérarchique des données.

- Les graphes représentant les données sous forme de nœuds et de liens.
- Les modèles vectoriels permettant d'ordonner des données dans un espace en fonction de leur similitude ou d'un indice de pertinence.

Les recherches menées dans le domaine de la visualisation d'informations [Herman *et al.* 2000] et dans celui des hypermédias adaptatifs [Brusilovsky 1996 , 2001] proposent de nouvelles formes de représentation plus proches de nos préoccupations. L'organisation du projet et son évolution peuvent être visualisées sous la forme d'un hyperdocument constitué par des nœuds représentant les entités impliquées dans un projet (acteurs, activités et documents) et des liens représentant les relations qui existent entre ces entités (rôle, versions,...). L'accès à l'information se faisant par un hyperdocument, la navigation d'un acteur peut être adaptée à son rôle et à son point de vue sur le projet.

L'expérience acquise auprès des acteurs du métier additionnée aux capacités expressives offertes par les modes de visualisation que nous venons de citer nous conduisent à émettre l'hypothèse suivante : 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, ce qui contribuera à favoriser la conscience de groupe entre les participants. Les moyens dont nous disposons pour parvenir à cet objectif sont déjà mis en œuvre dans domaines différents du notre afin de matérialiser visuellement les relations présentes à l'intérieur d'un ensemble de données, comme : un thesaurus, des cartes de concepts ou un ensemble de sites (voir Figure 53). L'apport d'un hypermédia dans un cadre collaboratif a également fait l'objet de recherches, notamment dans le cadre d'une édition collaborative utilisant des espaces partagés [Streitz *et al.* 1992].

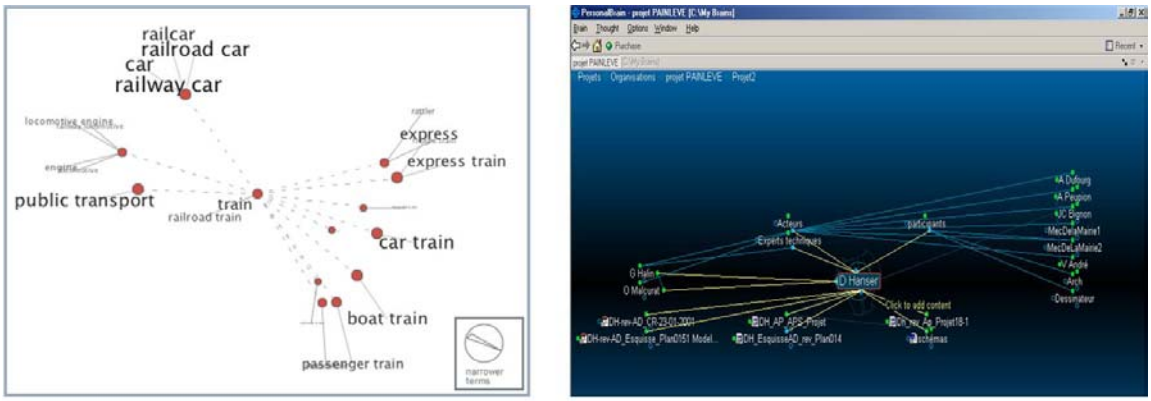


Figure 53 : Exemples de l'utilisation d'un graphe hypermédia[45].

[45] De plus amples informations concernant ces applications sont disponibles sur les sites internet de leurs éditeurs : www.thinkmap.com et www.thebrain.com.

5.5.2 - Hypermédia et travail collaboratif

Comme nous venons de le voir, l'apport d'une structuration hypermédia de l'information n'a pas manqué d'attirer l'attention des acteurs impliqués dans la gestion de projet. Ainsi, l'expérimentation d'outils collaboratifs utilisant un graphe hypermédia a montré que l'approche graphique proposée permettait aux acteurs d'avoir un point de vue plus synthétique sur l'espace de travail partagé [Mark *et al.* 1997 p.30]. De plus, l'utilisation de cette technique permet de proposer plusieurs points de vue sur la situation collaborative supportée par l'outil, ce qui permet différentes perceptions d'une même situation. Les vues générées permettent de s'adapter d'une part au rôle de l'utilisateur connecté et d'autre part à l'ensemble de critères laissés à son appréciation. L'utilisateur peut ainsi modifier le point de vue qu'il porte sur l'activité à laquelle il prend part afin de mieux apprécier son contexte de travail et d'agir de manière avisée.

Nous pouvons citer à ce titre le projet CHIPS (Co-operative Hypermedia Integrated with Process Support) qui revendique l'utilisation d'un hypermédia pour assister un groupe dans la planification d'un workflow [Wang et Haake 2000]. Les concepteurs de CHIPS proposent une structure basée sur l'utilisation de nœuds et de liens destinés à représenter un processus. Les nœuds représentent des tâches pouvant contenir des liens vers des applications externes nécessaires pour leur réalisation, à l'image de ce qui existe dans un outil de workflow classique. Les liens entre ces dimensions sont classés en deux catégories : organisationnel et référentiel. En toute logique, les liens organisationnels décrivent des relations d'inclusion et de hiérarchie alors que les liens de type référentiel servent à décrire des relations 'transversales'. CHIPS supporte la définition de processus émergents, il se positionne ainsi comme un outil de gestion de workflows flexibles, la structuration sous forme d'un hypermédia permet de faciliter la redéfinition des processus en cours d'exécution. L'utilisation d'un hypermédia permet à CHIPS d'offrir aux participants une visibilité sur des relations transversales entres les tâches d'un processus de travail (Figure 54). Le projet CHIPS a permis de démontrer l'utilité de l'hypermédia lors de la mise en place et du suivi de l'exécution d'un processus de travail collaboratif. Cependant, ce type d'outil ne permet pas une représentation du contexte d'un projet, du moins au sens dont l'entendrait un architecte ou un professionnel du bâtiment car il ne donne pas une vision claire de l'organisation sociale du projet ou des relations entre documents. En réponse à cela, nous proposons d'étendre ce type de visualisation au contexte de l'utilisateur sans nous limiter aux processus de travail car il semble important d'accorder la même valeur à chaque élément du projet. Nous pensons ainsi renforcer l'observabilité du contexte par les utilisateurs du système et par conséquent, permettre une meilleure conscience de groupe.

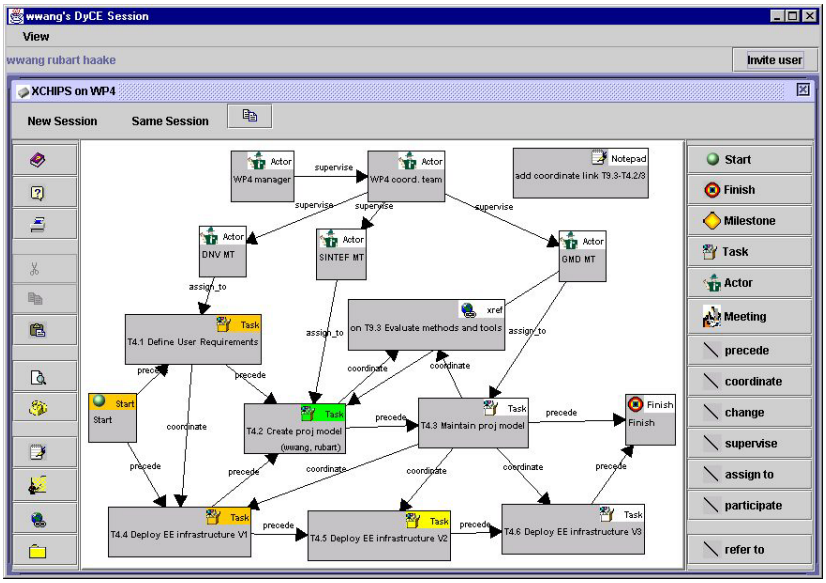


Figure 54 : La structure hypermédia des tâches dans CHIPS[46].

5.5.3 - Application au contexte de la coopération en conception

Les propositions que nous avions pu formuler au cours des deux premières années de ce travail, concernant l'application de l'hypermédia à un contexte de coopération (Article CIB), ont été mises à l'épreuve au cours de deux travaux de DEA réalisés au cours de l'été 2002 par Annie Guerriero et Hélène Chasseur [Chasseur 2002 ; Guerriero 2002]. Le travail mené par Annie Guerriero a porté sur la validation des concepts énoncés au sujet de la coordination. La recherche menée par Hélène Chasseur au sujet de la navigation adaptative a permis de proposer un modèle d'interface montrant le contexte d'un projet (Figure 55). Ces travaux ont permis de déterminer des scénarios d'usage d'une plateforme dédiée au travail coopératif et ont permis de valider notre méta-modèle sur un projet-type utilisant la loi MOP comme cadre. Les travaux d'Annie Guerriero ont, entre autres, permis d'affiner notre conception des rôles attribués aux acteurs d'un projet en mettant en évidence un problème de gestion des droits du à une trop grande complexité des rôles que nous avions définis. Suite à ces remarques, nous avons simplifié le système de rôles afin de ne conserver que les rôles organisationnels et opérationnels que nous détaillons dans le méta-modèle de coopération.

Au cours de ces deux travaux, la confrontation de notre modèle à un scénario de projet a permis de vérifier que celui-ci était suffisamment flexible pour supporter des situations de conception. De même, la formalisation d'interfaces a permis de vérifier que les informations nécessaires lors de la navigation étaient supportées par notre modèle. Suite à cette série de

[46] Source : http://www.darmstadt.gmd.de/concert/activities/external/EXTERNAL/xchips.html

vérifications, nous avons pu entreprendre la réalisation d'une plateforme opérationnelle basée sur les principes que nous proposons.

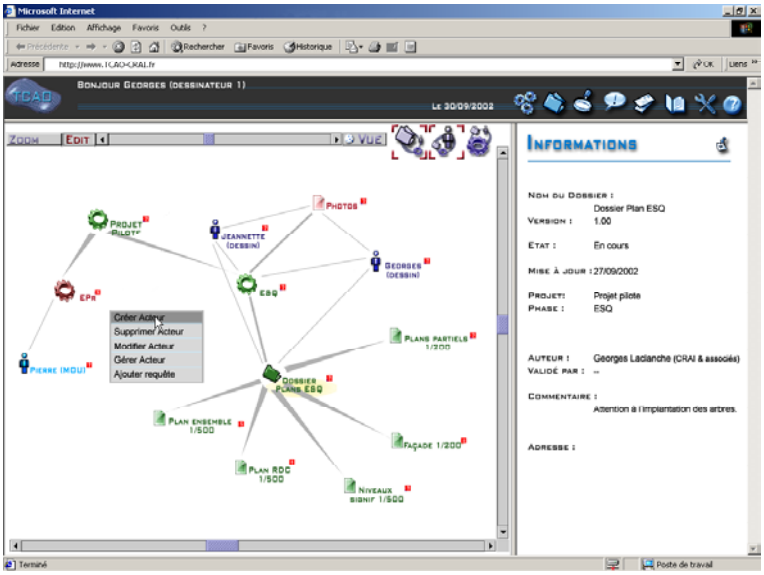


Figure 55 : Modèle d'interface utilisateur[47].

5.5.4 - Synthèse

Les collecticiels proposent des fonctionnalités que nous pouvons rassembler en quatre espaces fonctionnels : coordination, communication, conversation et production. Ces fonctionnalités servent deux modes de régulation de l'activité : la régulation prescriptive et la régulation émergente. Dans ce dernier cas, les fonctionnalités en œuvre ont pour objectif de permettre une observabilité mutuelle des acteurs et une vision du contexte permettrant d'augmenter la confiance des acteurs entre eux et donc de renforcer la conscience de groupe.

Les expériences que nous avons eu l'occasion de mener auprès de professionnels[48] nous ont montré que le mode de structuration de l'information et la complexité des outils actuellement proposés, gênaient fortement leur appropriation. Sur plus de quarante plateformes de projet dédiées au domaine du bâtiment, que nous avions identifiées et testées en 2001, il nous a été impossible de trouver un exemple d'agence d'architecture ou de bureau d'études utilisant un de ces outils au quotidien. Après analyse des raisons conduisant à cette situation, nous avons pu identifier quelques éléments de solution afin de favoriser l'application des collecticiels dans un contexte de projet architectural. Nous avions alors fait le postulat qu'une représentation

[47] Exemple tiré de [Chasseur *et al.* 2003 p.5].
[48] Les expériences évoquées ici seront décrites plus longuement dans les chapitres suivants.

adaptative du contexte d'action d'un utilisateur dans un projet, lui permettrait d'identifier les problèmes potentiels et favoriserait ainsi la coordination.

Du point de vue des interfaces, notre proposition consiste en l'expression du réseau de relations unissant les différents éléments concernés par un projet par un graphe généré en fonction du contexte de projet associé à chacun de ses acteurs. L'idée de tirer part de la capacité d'analyse graphique des concepteurs est loin d'être novatrice, les théories de la forme (Gestalt theorie) datant du début du XXe siècle, puis la sémiologie graphique initiée par Jacques Bertin ont largement exploité cet axe de recherche. Ce qui est plus innovant est de tenter d'opérer un rapprochement entre la tradition d'expression graphique qui existe dans le domaine du bâtiment et les collecticiels afin d'augmenter la capacité d'expression de ces derniers. Les premières projections que nous avons pu réaliser ont montré qu'un mode de visualisation utilisant le principe des hypermédias adaptatifs offrait de grandes capacités à représenter des situations complexes telles que nous les rencontrons dans notre domaine d'application. Les chapitres suivants concrétiseront cette proposition à travers un prototype d'outil.

Chapitre 6 UNE APPLICATION DU META-MODELE DE COOPERATION

Dans ce chapitre, nous allons d'abord montrer la manière avec laquelle nous avons appliqué notre méta-modèle au cas de la conception d'un ouvrage bâti, puis nous évoquerons l'infrastructure informatique que nous avons mise en place pour la réalisation des démonstrateurs, puis nous montrerons de quelle manière nous avons conçu les interfaces des deux outils proposés. Enfin, nous montrerons la manière avec laquelle nous avons mis en œuvre les fonctionnalités de filtrage et d'édition dans le prototype de navigation adaptative.

6.1 - Proposition d'un modèle adapté au secteur du bâtiment

Lorsque nous avons décrit les principes de modélisation et de méta-modélisation que nous avons choisi d'utiliser dans le cadre de ce travail, nous avons montré la structure en couches proposée par l'OMG. Le méta-modèle que nous avons décrit correspond à la couche M2 dans la nomenclature de l'OMG. Nous allons maintenant appliquer ce méta-modèle au contexte du bâtiment que nous avons décrit plus haut. Le modèle que nous allons détailler ici (niveau M1) servira de base pour la réalisation de la base de données utilisée par les démonstrateurs que nous avons mis en œuvre. Nous avons décidé d'opter pour une représentation de classes d'association entre les entités principales du modèle plutôt que de représenter simplement des relations car nous avons besoin de spécialiser certaines de ces relations (rôles, ressources humaines).

6.1.1 - Modèle des acteurs

Les acteurs impliqués dans la conception d'un ouvrage bâti sont de plusieurs types. Les utilisateurs du système sont des acteurs potentiels d'un projet, en effet pour qu'un acteur puisse accéder à un 'espace de projet', il est nécessaire que celui-ci soit reconnu par le système. La représentation que nous faisons ici des acteurs traduit directement la description que nous avons donnée plus haut de l'organisation sociale d'un projet (voir le paragraphe 2.1.4 - Les familles d'acteurs impliqués dans un projet). Les utilisateurs du système sont soit des individus, soit des collectifs. Comme nous l'avons vu, les professionnels exercent un métier et sont employés par des entreprises appartenant à différents domaines. Les entreprises peuvent elles-mêmes être divisées en 'services' et emploient des professionnels, assumant une fonction dans cette entreprise (directeur, employé, chef de division, …). Dans un projet chaque acteur fait partie d'un groupe de projet (groupe de maîtrise d'œuvre, etc.) et met ses compétences propres à disposition du groupe. Afin de décrire cette participation, nous avons opté pour une représentation particulière de l'acteur participant à une activité car le mode de participation d'un acteur à une activité est variable d'un projet à un autre : par exemple, une agence d'architecture peut faire partie de la maîtrise d'œuvre dans un projet et être coordinateur de chantier sur un autre. Un groupe de projet constitue donc une organisation particulière dans un projet particulier (au sens sociologique). La participation d'une entreprise à un projet est matérialisée par un cadre contractuel décrivant les missions et les devoirs assumés par les membres de cette entreprise dans le contexte de ce projet. La relation unissant un professionnel impliqué dans un projet et l'équipe dont il fait partie représente la fonction qu'il occupe dans ce groupe (dirige, collabore …). La relation entre l'entreprise et le groupe est plus orientée vers la traduction des contrats passés entre les entreprises appartenant au groupe de conception (mandataires, co-traitants, sous traitants, etc..). Nous détaillerons plus cette partie lorsque nous parlerons des rôles attribués aux acteurs d'un projet.

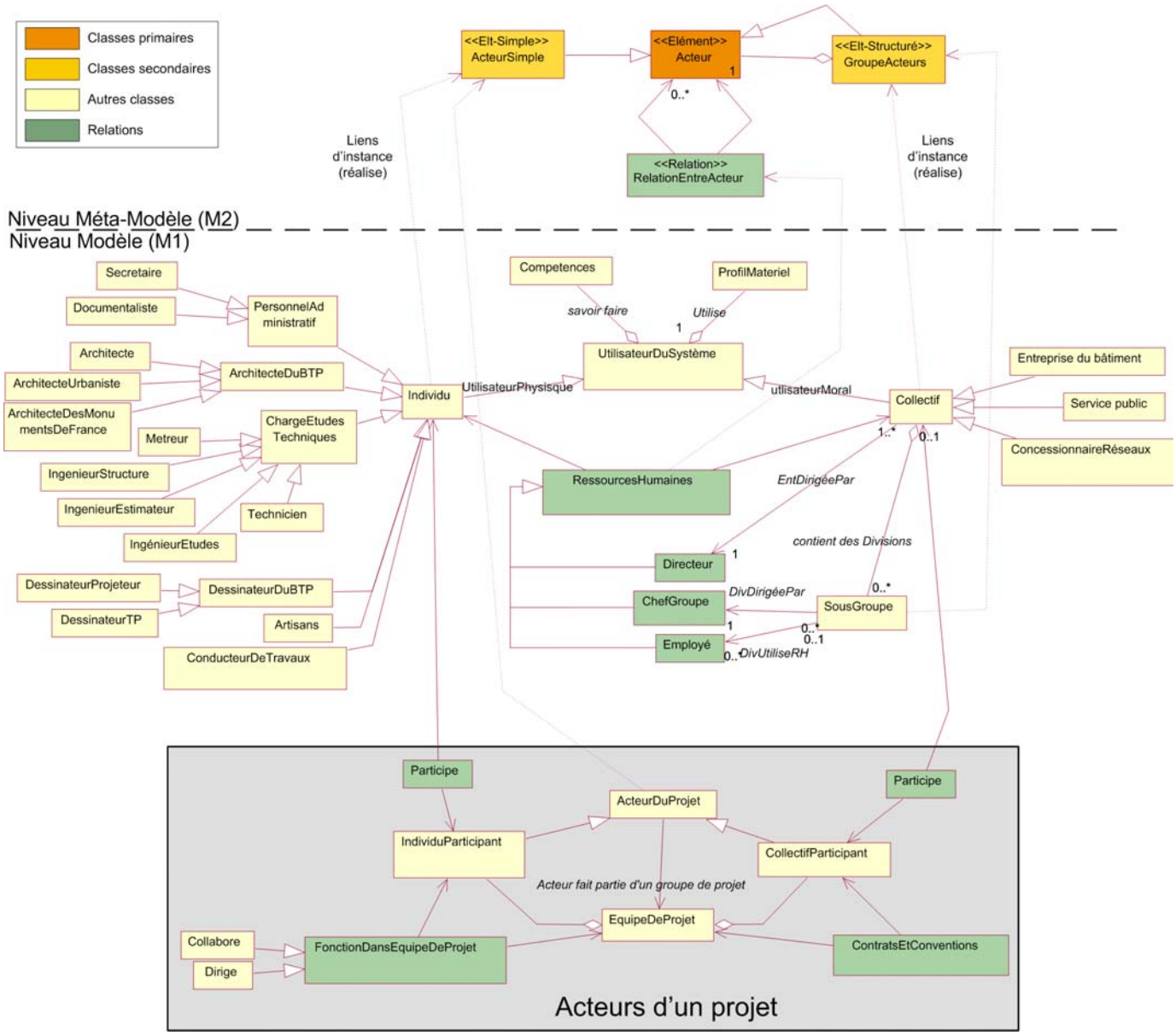


Figure 56 : Modèle des acteurs.

6.1.2 - Modèle des activités

Lorsque nous avons décrit les activités apparaissant au cours de la réalisation d'un projet, nous avons isolé trois niveaux constituant cette activité : le projet, la phase et la tâche. Nous avons également montré que les activités étaient de deux types, l'un assurant la prescription et l'autre apparaissant au cours de la réalisation : activités explicites et implicites. Du côté des activités explicites, le projet et la phase sont des activités composées (elles contiennent d'autres activités) alors que la tâche est une activité simple (elle ne contient aucune autre activité). Les tâches représentent une activité prescrite, elles ont par conséquent un objectif clairement identifié

(théorie de l'activité). Cet objectif peut être la production d'un document ou la prise de décision, il est réalisé par un ou plusieurs acteurs du projet (exécutant).

Afin de supporter les mécanismes de coordination implicite et de régulation émergente, nous avons décidé de privilégier les échanges à base de requêtes typées [Malcurat *et al.* 2000]. Le principe de la coordination à base de requêtes se traduit dans ce modèle de la manière suivante : les différentes requêtes sont émises par un acteur du projet en direction d'un autre acteur, les requêtes demandant une intervention initient une tâche dont le destinataire de la requête sera l'exécutant. Une requête concernant le plus souvent un document, une relation se trouve matérialisée entre deux entités afin de permettre l'attachement d'un document à une requête.

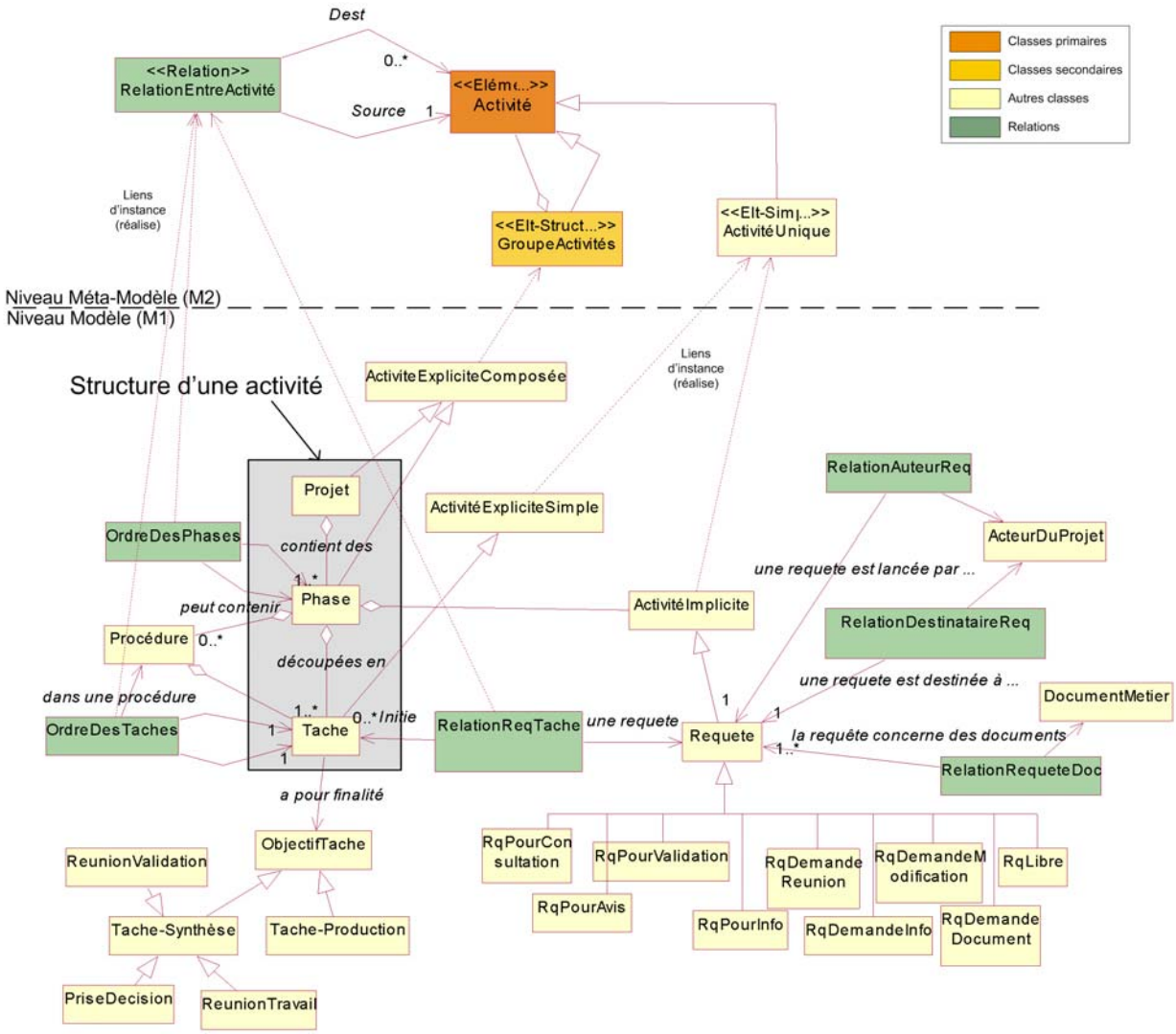


Figure 57 : Modèle des activités.

6.1.3 - Modèle des documents

Les documents échangés au cours de la conception sont des extra-documents, tels que nous les avons définis page 60, assurant la synchronisation cognitive des acteurs. Ces derniers vont également utiliser des inter-documents fournis par la maîtrise d'ouvrage ou appartenant au domaine législatif (documentation technique unifiée, réglementation incendie, etc …) ; les contrats font également partie de cette catégorie de documents. Les relations entre documents sont à la fois hiérarchiques (i.e. version, contenance) et transversales (i.e. fait référence, utilise).

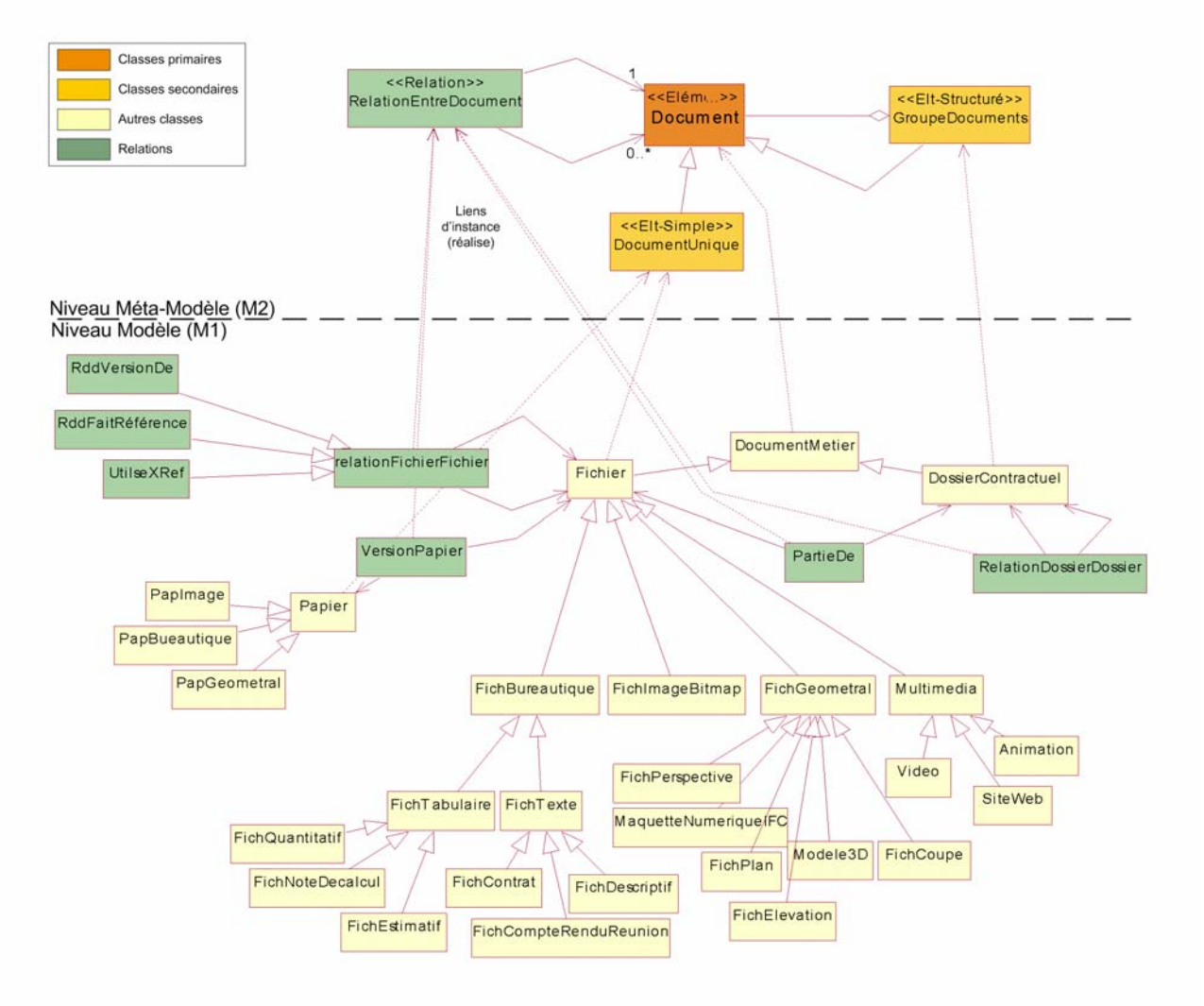


Figure 58 : Modèle des documents.

6.1.4 - Les rôles dans un projet de bâtiment

Les rôles sont le point fondamental de tout modèle destiné à représenter l'activité de groupe car le rôle matérialise la participation d'un acteur à une activité (théorie de l'activité). Appliqués à notre domaine d'étude, nous pouvons les décrire de la manière suivante : comme dans tout domaine, les entreprises participant à un projet passent un contrat, elles ont par conséquent un rôle organisationnel. Les acteurs du projet ont des rôles opérationnels qui conditionnent leurs droits d'action (Tableau 12) dans chaque activité appartenant à ce projet. Les actions effectuées par les acteurs en fonction de leurs droits d'action constituent le rôle effectivement joué par un acteur, permettant de retracer l'historique des actions effectuées au cours du projet.

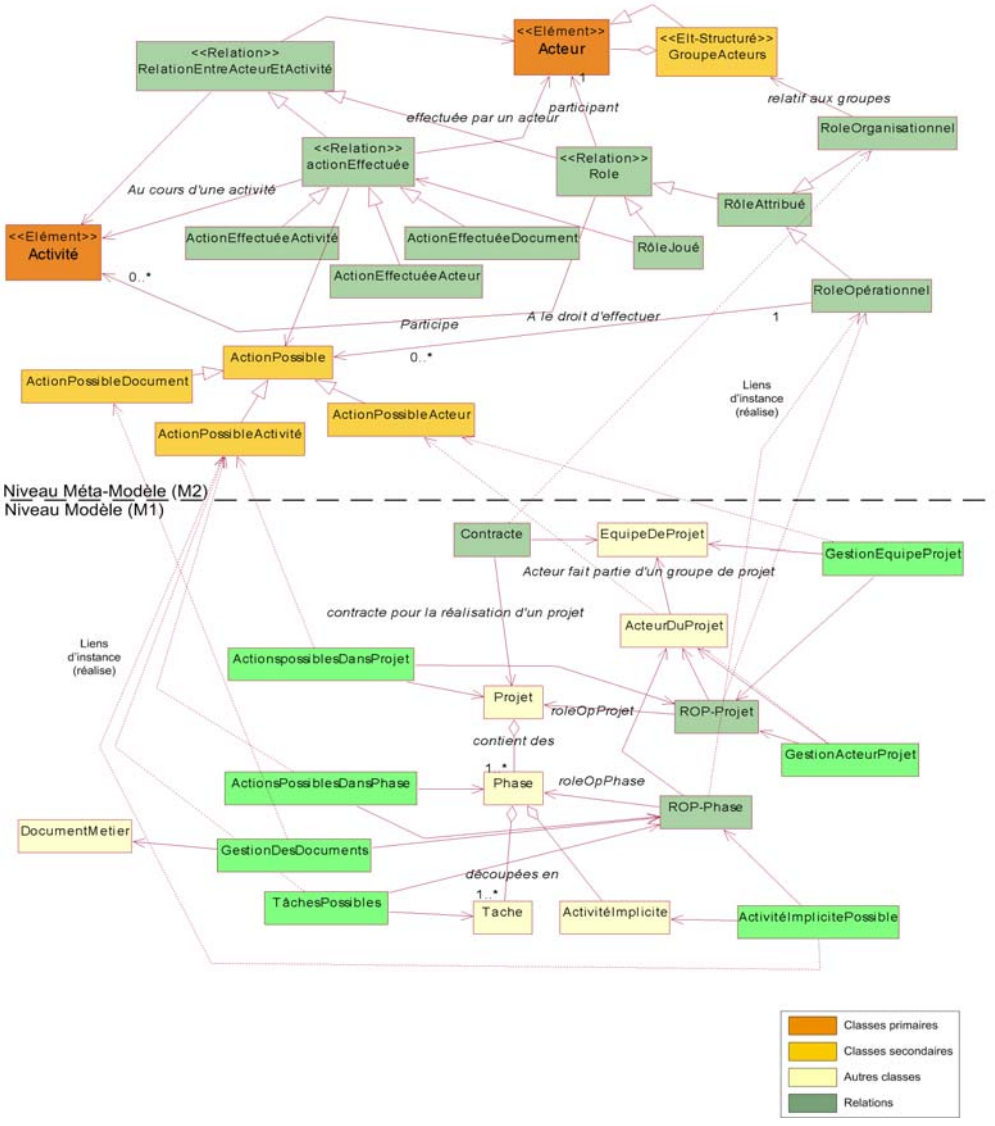


Figure 59 : Modèle des rôles.

Le Tableau 12 présente une matrice des rôles et des droits d'action dans un projet de bâtiment. Le rôle de responsable est divisé en deux pour permettre de supporter le cas où le responsable délègue la coordination à un autre acteur.

			Rôles opérationnels						
			Responsable		Participant			Externes	
Droits d'action			Validateur	Coordinateur	Producteur	Consultant / expert	Lecteur	Client	Public
Sur la plateforme		Ajouter des utilisateurs		✓					
		Modifier des utilisateurs		✓					
		Éditer les types		✓					
Sur les activités	Sur un projet	Voir le projet	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
		Accéder au projet	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
		Modifier un projet		✓					
		Ajouter une phase		✓					
		Définir les groupes de projet		✓					
		Inviter des participants		✓					
		Attribuer les rôles dans les phases		✓					
	Sur une phase	Voir la phase	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
		Accéder à la phase	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
		Modifier une phase		✓					
		Inviter un consultant		✓	✓				
		Assigner une tâche (méta planning)		✓					
	Tâches possibles	Tâches de production	✓	✓	✓				
		Tâches de synthèse	✓	✓				✓	
		Tâches de consultation		✓	✓	✓			
	Requêtes d'envoi possibles	Pour information		✓	✓	✓			
		Pour avis		✓	✓	✓			
		Pour validation		✓	✓				
		Pour consultation		✓	✓	✓	✓		
	Requêtes de demande possibles	Demande de document	✓	✓	✓		✓		
		Demande de réunion	✓	✓	✓	✓	✓		
		Demande de modification	✓	✓				✓	
		Demande d'informations	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Sur les documents	Visibilité	Document en cours d'édition	✓	✓	✓ (auteur)				
		Document soumis pour avis	✓	✓		✓(dest.)			
		Document soumis pour validation	✓	✓				Ou ✓	
		Document publié	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Édition	Ajouter	✓	✓	✓		✓	✓	
		Réviser	✓	✓	✓				
		Annoter	✓	✓	✓		✓	✓	

Tableau 12 : Rôles et droits d'action.

6.2 - Réalisation d'un outil basé sur le modèle proposé

La mise en œuvre des démonstrateurs que nous présentons dans cette section a été réalisée en collaboration avec deux étudiants informaticiens[49] afin de pallier à notre manque de qualifications en terme de programmation Java.

6.2.1 - Architecture informatique utilisée

Nous avons choisi de mettre en œuvre deux plateformes utilisant le même modèle sous-jacent et qui accèdent à une même base de données persistante afin de montrer les différences existantes entre un mode de visualisation classique (Bat'Group) et un mode de visualisation contextuelle tirant parti d'une représentation sous forme d'hypermédia (Bat'Map). Ces deux formes d'accès ont pour nous un intérêt du point de vue du développement lui-même car elle permet de vérifier la conception des composants techniques indépendamment des problèmes liés à la visualisation graphique. De plus, nous avons pu traiter en parallèle l'alimentation de la base de données via Bat'Group alors que nous achevions le développement de Bat'Map.



Figure 60 : Principe des démonstrateurs Bat'Group - Bat'Map.

L'architecture que nous avons utilisée est constituée de quatre couches (persistance, métier, logique et présentation) afin de permettre une évolution plus facile de la plateforme (architecture n-tiers[50]).

- La couche de persistance est constituée par la base de données assurant le stockage physique des données relatives aux projets.
- La couche métier assure la cohérence des données stockées par des objets Java (JavaBeans) prenant en charge les accès à la base de données. Cette solution permet d'interfacer notre plateforme avec différentes bases de données sans avoir à tout redéfinir. Dans le cas d'un changement de SGBD, seuls les JavaBeans de connexion seront à modifier.
- La couche logique est chargée de générer le contenu des pages dynamiques Contenues dans la couche de présentation. Elle se compose ici de servlets Java et de pages dynamiques JSP utilisant des JavaBeans permettant de créer les fichiers XML donnés en argument à l'Applet de visualisation.

[49] Samuel Dalichampt stagiaire en maîtrise MIAGE et Sébastien Charles stagiaire en DESS SID, ont implémenté les principes décrits dans cette section au cours leurs stages respectifs.
[50] L'architecture employée est de type client-serveur, respectant le paradigme MVC Smalltalk [Gamma *et al.* 1994].

- La couche de présentation regroupe les pages HTML et les Applets Java transmises aux navigateurs distants.

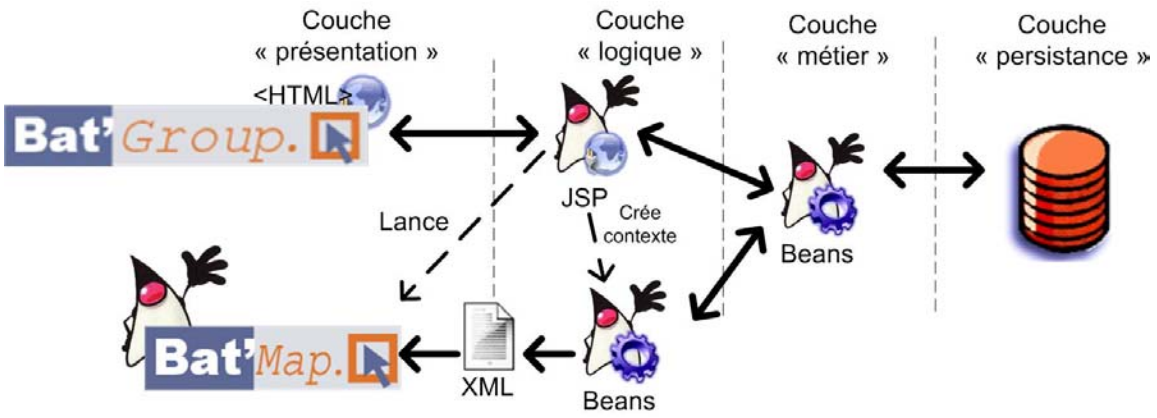


Figure 61 : Les couches.

Dans la couche métier chaque table de la base de données est représentée par un 'Bean', ainsi lors de la modification d'une table, il est seulement nécessaire de mettre à jour le 'Bean' associé. Ces objets Java correspondent aux niveaux M1 et M2 de notre modèle car ils permettent de vérifier la cohérence des informations au niveau du méta-modèle (M2) et de paramétrer l'application en fonction d'un contexte particulier (M1). Nous verrons plus loin, lors de la description de Bat'Map, que l'Applet que nous avons utilisée comme base communique via un fichier XML décrivant la structure du graphe hypermédia présenté. Cette structure est générée ici à partir des données présentes dans la base par des 'JavaBeans' produisant le fichier XML souhaité en fonction du contexte de l'utilisateur connecté et de son rôle.

6.2.2 - Mise en œuvre de la base de données

Le système de gestion de base de données (SGBD) que nous avons utilisé est MySQL, un des serveurs 'libre de droits' les plus répandus actuellement pour des applications internet. MySQL présente pour avantage d'être aisément administrable et de disposer de plusieurs environnements graphiques de développement (MySQL Control Center par exemple). Ce choix nous a permis d'économiser le temps de formation nécessaire à l'utilisation de systèmes (SGBD) plus complexes.

La base de données que nous avons mise en place a été conçue afin de se rapprocher le plus possible du modèle que nous avons défini (Figure 62). Les tables crées permettent de stocker l'information contenue dans notre modèle et de décrire les situations que nous rencontrons dans le domaine du bâtiment. Ceci nous permettra de vérifier la capacité de notre modèle à décrire les interactions réelles entres acteurs lors de l'utilisation des applications faisant appel à cette base de données, mais aussi de vérifier l'adaptabilité de notre architecture de modélisation à des cas d'application (modèles de niveau M1).

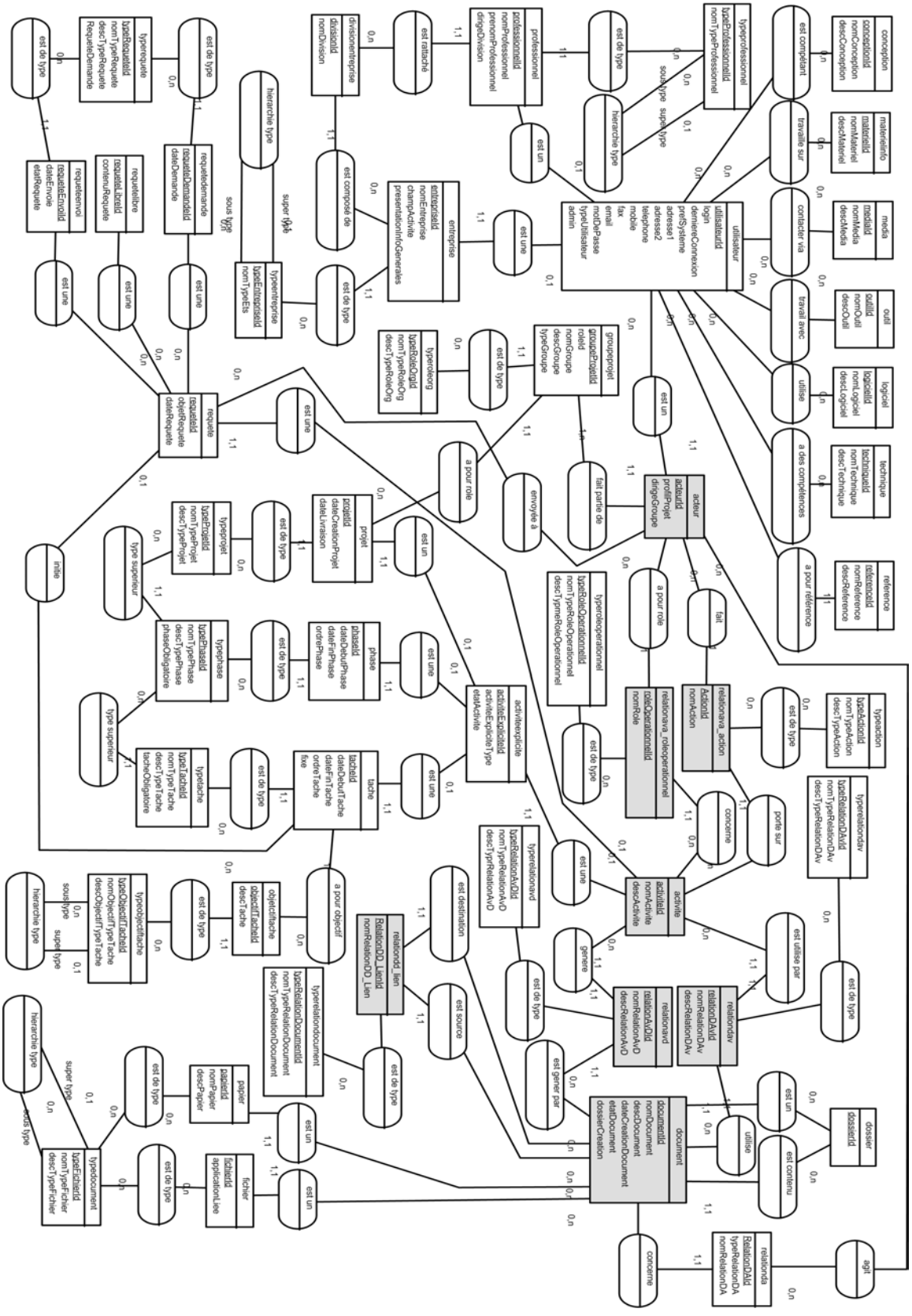


Figure 62 : Modèle conceptuel (MCD) de la base de données utilisée pour l'expérimentation.

6.2.3 - Bat'Group v2

La première plateforme Bat'Group (v1) avait été réalisée en ASP, utilisait une base de données Microsoft-Access et un serveur IIS. Cette expérience nous a permis de constater les limites d'une telle architecture car l'utilisation d'outils 'propriétaires' a limité largement l'évolutivité de cette plateforme. Suite à ces constatations, nous avons opté pour l'architecture décrite ci-contre. Nous avons repris l'environnement graphique et les concepts mis en œuvre dans notre première version afin de préserver une continuité entre les deux applications (utile lors de la présentation à des acteurs familiers de la première version). La première version de Bat'Group était destinée à expérimenter l'application d'un collecticiel généraliste dans un projet architectural, l'interface se devait par conséquent de rassembler les fonctionnalités alors présentes dans les outils disponibles sur le marché (Chat, newsgroups etc..). Pour la réalisation de la version actuelle, nous avons largement épuré l'interface afin de nous concentrer sur nos objectifs actuels, à savoir : permettre d'alimenter la base de données et montrer les différences qui existent entre une représentation classique et une représentation par un graphe hypermédia basées sur un même modèle conceptuel. Lorsqu'un utilisateur se connecte sur la plateforme, il accède à une page lui présentant une vue synthétique des projets auxquels il participe. L'administration des projets et de la base de données se fait via deux espaces dédiés. Les évolutions portent notamment sur la mise en place de la gestion des rôles telle que nous l'avons représentée dans le modèle et la nomenclature automatisée des documents déposés sur la plateforme[51]. La plateforme reprend le mode de coordination reposant sur des requêtes typées expérimenté dans notre précédente plateforme (voir page 113).

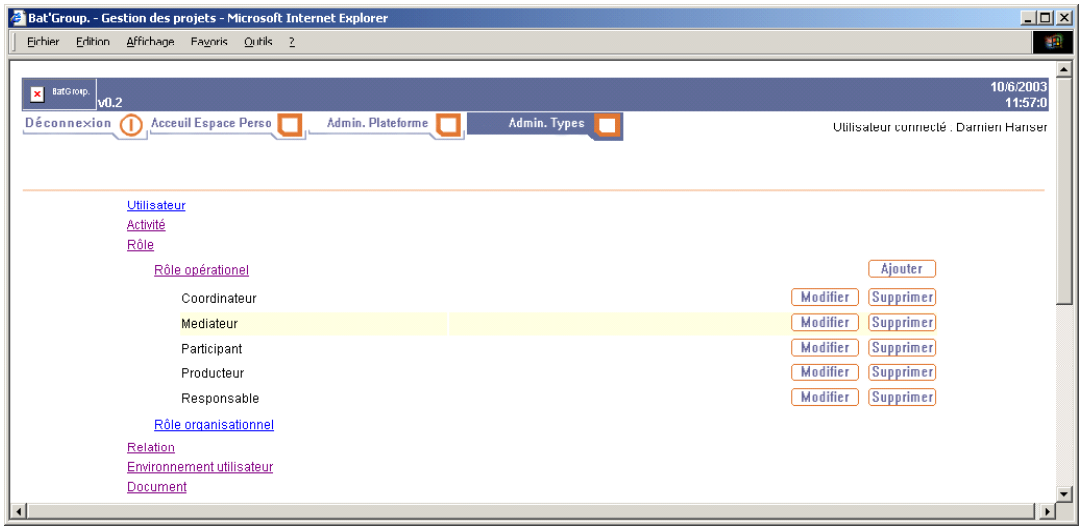


Figure 63 : Interface d'administration des types.

[51] Voir Annexe 2 : page 192 pour le détail de cette nomenclature.

Afin de montrer le fonctionnement de cette application, nous allons détailler la partie de la plateforme permettant de mettre à jour les types d'entités dans la base de données. Cette partie de l'application est accessible via le menu d'administration et permet de mettre à jour le contenu des tables correspondant aux types des entités constituant notre modèle. Nous avons décidé de mettre en place ces tables afin de permettre l'ajout ou la suppression de types en fonction du domaine supporté (modification du modèle M1). Ce typage concerne les acteurs (individus et collectifs), les rôles (organisationnels et procéduraux), les activités et les relations entre acteurs, activités et documents. Ceci nous permet par exemple de tester plusieurs dénominations de rôles afin de vérifier la structuration que nous avons employée (Figure 63) ou d'envisager d'autres applications pour la plateforme.

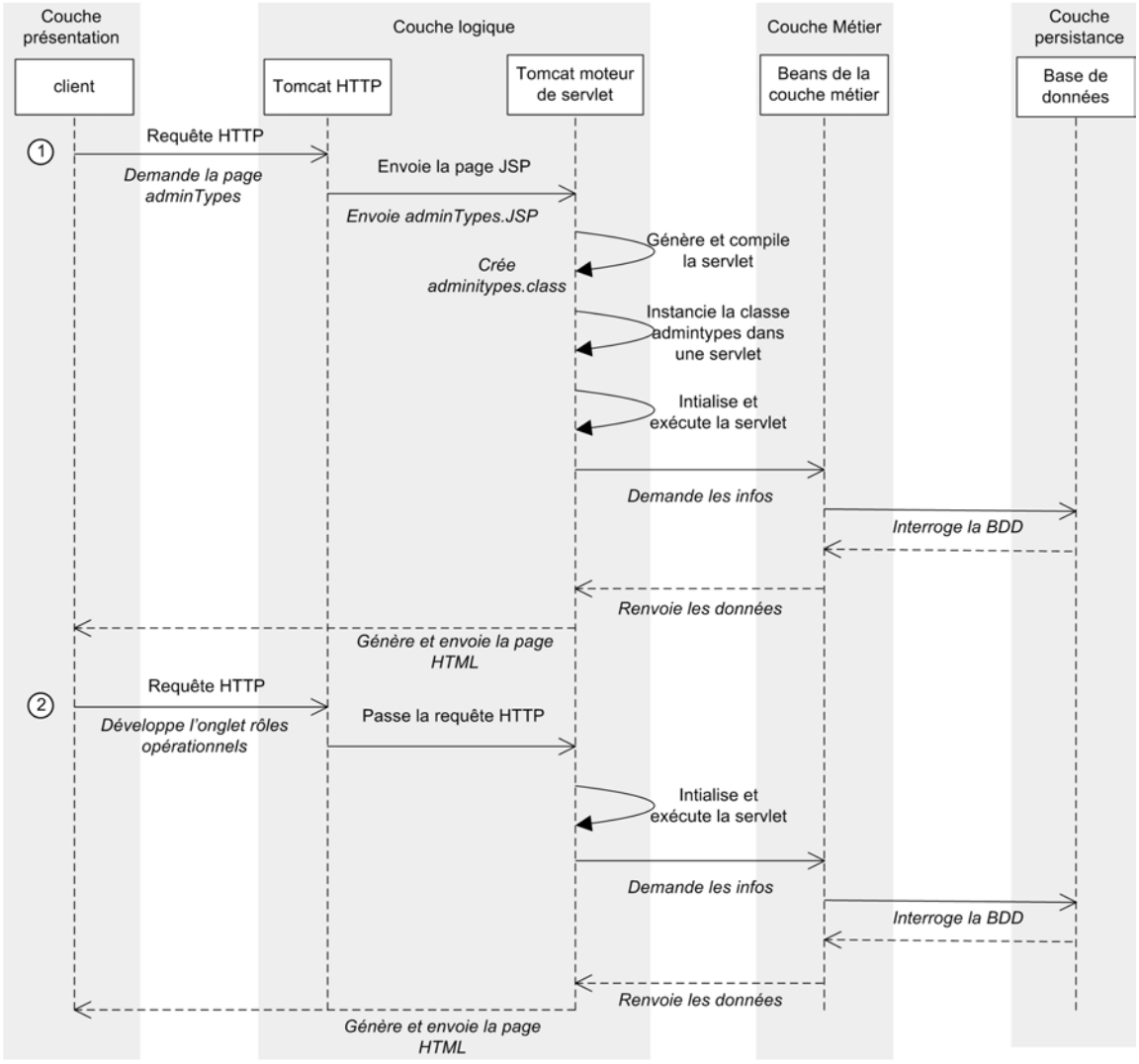


Figure 64 : Principe de fonctionnement des pages dynamiques.
Exemple de l'accès à l'espace d'administration de la base de données.

Lorsque l'utilisateur clique pour la première fois sur l'icône d'administration des types, une requête HTTP est envoyée au serveur (Tomcat) qui crée une 'servlet' correspondante (via son

moteur de servlet JSP). Cette 'servlet' va ensuite soumettre aux 'JavaBeans' de connexion les requêtes nécessaires pour la génération des pages HTML renvoyées au navigateur client. Lors d'une connexion ultérieure (l'utilisateur clique sur Rôle opérationnel par exemple), le serveur accèdera directement à la 'servlet' qui correspond à la page parcourue (Figure 64-2).

Cette partie de la plateforme permet aux utilisateurs d'agir directement sur le modèle et de l'adapter à un contexte de projet. Dans les exemples que nous avons réalisés, les types de rôles et de documents utilisés sont destinés au contexte français du bâtiment, il est ainsi possible de l'adapter au contexte d'un autre pays ou d'un autre secteur d'activité utilisant la même structuration des activités de conception (projet, phase et tâches).

Nous verrons par la suite que certaines pages dynamiques utilisées dans Bat'Group sont également appelées par Bat'Map, notamment pour assurer la gestion des rôles et la mise à jour de la base de données.

6.2.4 - Description de l'application utilisée pour réaliser Bat'Map

Le mode de visualisation que nous avons décrit à la fin du chapitre précédent (p. 120) nécessite une grande interactivité entre l'utilisateur et l'outil. Afin de parvenir à créer cette interactivité nous avons choisi de nous appuyer sur un outil de visualisation d'hypermédia existant, dont les sources sont disponibles librement. Nous avons donc utilisé l'application TouchGraph link browser[52] afin de visualiser et d'interagir avec le graphe représentant un contexte de projet. Cette application, également utilisée dans le domaine de la gestion de connaissances [Tunçer *et al.* 2002], offre un nombre limité de fonctionnalités mais possède une partie graphique très élaborée. Nous avons cherché à bénéficier du développement de la partie interactive et graphique de cette application que nous avons largement modifiée afin de l'adapter à nos objectifs notamment en ce qui concerne la possibilité de typer les nœuds et les liens.

Dans la version que nous avons utilisée, les principales fonctionnalités de parcours étaient le zoom permettant d'allonger la longueur des liens affichés afin de rendre la lecture du graphe plus aisée. La rotation permettant de tourner le graphe et la 'localité' permettant de définir le nombre de niveaux affichés. Le paramètre pris en compte par cette dernière fonctionnalité est le nombre de nœuds affichés à partir du nœud sélectionné, elle permet donc d'afficher plus ou moins d'informations à l'écran. L'application TouchGraph offre deux modes de fonctionnement : l'un lorsque l'application est lancée en local (mode application), l'autre lorsque TouchGraph est lancé via un navigateur internet (mode applet). Les différences entre ces deux modes de fonctionnement sont liées à la possibilité de charger ou de sauvegarder des graphes et la possibilité de modifier le graphe affiché. Lorsque TouchGraph fonctionne en mode applet, le fichier contenant le graphe à afficher est indiqué dans la page internet appelant l'application, il est uniquement possible de parcourir le graphe (les menus fichiers et édition ont disparu de

[52] L'application TouchGraph link browser est disponible en téléchargement à l'adresse http://www.touchgraph.com ou sur source forge à l'adresse http://touchgraph.sourceforge.net/index.html. La version que nous avons utilisé est la 1.20.

l'interface). En mode application, deux options sont disponibles dans la barre de menus permettant soit la navigation, soit l'édition du graphe.

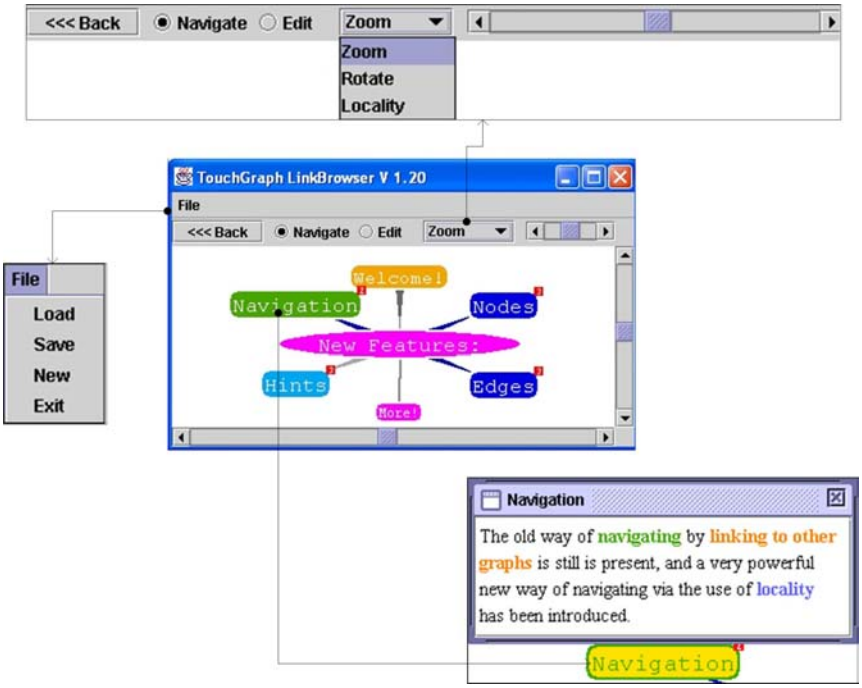
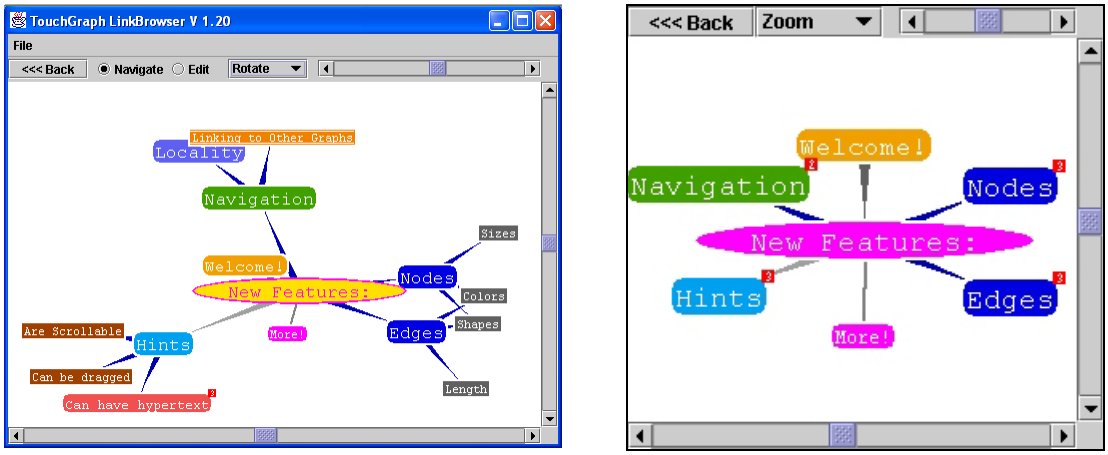


Figure 65 : L'interface de TouchGraph link browser.



mode application mode applet

Figure 66 : Mode application et mode applet de TouchGraph.

Dans cette application, l'ajout de nouveaux nœuds ou de nouvelles relations se fait par glisser-déposer à partir du nœud sélectionné, à l'image de ce que nous souhaitions proposer comme niveau d'interactivité aux utilisateurs. Cette manière de procéder se rapproche du fonctionnement des outils de graphisme et se révèle très intuitive à l'usage.

D'origine TouchGraph permet de choisir entre différentes formes de nœuds et de liens possédant une couleur paramétrable. Les paramètres concernant la définition des liens (couleur, longueur, …) et la définition des nœuds (forme, couleur, coordonnées, …) sont spécifiés dans le fichier XML chargé dans l'applet de visualisation. La structure de ces fichiers suit une hiérarchie bien précise décrite dans une DTD donnant une description formelle des éléments devant être soumis à l'application de visualisation et se présente de la manière suivante[53] :

```
<?xml version="1.0" encoding="ISO-8859-1"?>
<!DOCTYPE TOUCHGRAPH_LB [
   <!ELEMENT TOUCHGRAPH_LB (NODESET, EDGESET, PARAMETERS)>
   <!ELEMENT NODESET (NODE+)>
   <!ELEMENT EDGESET (EDGE*)>
   <!ELEMENT PARAMETERS (PARAM*)>
   <!ELEMENT NODE (NODE_LOCATION?, NODE_LABEL?, NODE_URL?, NODE_HINT?)>
   <!ELEMENT NODE_LABEL EMPTY>
   <!ELEMENT NODE_URL EMPTY>
   <!ELEMENT NODE_HINT EMPTY>
<!ATTLIST TOUCHGRAPH_LB
   version CDATA #REQUIRED >
<!ATTLIST NODE
   nodeID CDATA #REQUIRED >
<!ATTLIST NODE_LOCATION
   visible CDATA #IMPLIED
   x CDATA #IMPLIED
   y CDATA #IMPLIED >
<!ATTLIST NODE_LABEL
   label CDATA #REQUIRED
   shape CDATA #IMPLIED
   state CDATA #IMPLIED>
<!ATTLIST NODE_URL
   url CDATA #REQUIRED
   urlIsLocal CDATA #IMPLIED
   urlIsXML CDATA #IMPLIED >
<!ATTLIST NODE_HINT
   hint CDATA #REQUIRED
   height CDATA #IMPLIED
   width CDATA #IMPLIED>

<!ELEMENT EDGE EMPTY>
<!ATTLIST EDGE
   fromID CDATA #REQUIRED
   toID CDATA #REQUIRED
   length CDATA #IMPLIED
   color CDATA #IMPLIED
   type CDATA #IMPLIED
   visible CDATA #IMPLIED >

<!ELEMENT PARAM EMPTY>
<!ATTLIST PARAM
   name CDATA #REQUIRED
```

[53] L'utilisation des caractères *,+, ? à la suite d'un élément indique le nombre d'instances possibles de cet élément. Par exemple la déclaration de l'élément nodeset « <!ELEMENT NODESET (NODE+)> » permet d'indiquer que l'élément nodeset doit être composé d'au moins un élément 'node'. Le caractère « * » permet d'indiquer que l'élément fils peut être ajouté 0, 1 ou plusieurs fois. Le caractère « ? » indique que l'élément fils est optionnel, c'est-à-dire qu'il peut être présent 0 ou une fois.

```
   value CDATA #REQUIRED >
```

Code XML 1 : DTD correspondant à un fichier compatible avec l'application TouchGraph.

La lecture de cette DTD montre qu'il est possible de spécifier non seulement la position des nœuds (node) mais aussi : le nom du nœud apparaissant à l'écran et sa la visibilité lors du premier affichage. En ce qui concerne les liens (edge), les paramètres donnés dans le fichier sont : le nœud de départ, le nœud d'arrivée, la longueur, la couleur, le type et la visibilité. Par exemple : le fichier décrivant le graphe montré dans la Figure 65 est de la forme suivante :

```
<TOUCHGRAPH_LB version="1.20">
    <NODESET>
      <NODE nodeID="AutoID 1010274200280">
      <NODE_LOCATION x="633" y="30" visible="true"/>
   NODE_LABEL label="  New Features: " shape="3" backColor="FF00FF"
textColor="FFFFFF" fontSize="18"/>
      <NODE_URL url="" urlIsLocal="false" urlIsXML="false"/>
      <NODE_HINT hint=" Description HTML de la fenètre modale liée au noeud"
width="200" height="-1" isHTML="true"/>
      </NODE>
(…)
   </NODESET>
   <EDGESET>
      <EDGE fromID="AutoID 1010274200280" toID="AutoID 1010274102450" type="1"
length="40" visible="true" color="A0A0A0"/>
(…)
   </EDGESET>
   <PARAMETERS>
      <PARAM name="offsetX" value="627"/>
      <PARAM name="rotateSB" value="0"/>
      <PARAM name="zoomSB" value="-7"/>
      <PARAM name="offsetY" value="19"/>
   </PARAMETERS>
</TOUCHGRAPH_LB>
```

Code XML 2 : Exemple de fichier donné en argument à l'application de visualisation.

Nous voyons dans cet exemple la définition du nœud « new features » et du lien le reliant au nœud « hints ». Les paramètres donnés à la fin du fichier permettent de sauvegarder la position de la vue (offset x et y), la valeur de zoom et la rotation appliquée au graphe. Ces paramètres ne nous permettent d'obtenir qu'une représentation partielle de l'information que nous avons à visualiser, nous avons donc dû mettre à jour cette application afin de l'adapter à nos besoins.

6.2.5 - Architecture logique de l'application TouchGraph link browser

Les classes d'objets constituant l'application TouchGraph servent deux objectifs assurant la représentation logique et graphique d'un graphe et permettant de gérer les interactions avec l'utilisateur. Ces deux groupes sont les 'packages' *graphLayout* et *linkbrowser*. La classe *TGLinkBrowser* permet de construire le panneau contenant l'application contenant le panneau de navigation graphique et les barres de menus et d'options. Les classes *LBNodeDialog* et *LBEdgeDialog* permettent de créer les fenêtres d'édition des propriétés des nœuds et des liens

appartenant au graphe. Les deux modes de navigation sont représentés dans les classes *LBNavigateUI* (mode navigation) et *LBEditUI* (mode édition).

Les données constituant le graphe (arcs et nœuds) sont contenues dans *GraphEltSet* et sont représentées par *Node* et *LBNode* pour les nœuds et *Edge* et *LBEdge* pour les arcs. L'application permet également de naviguer de manière incrémentale dans un graphe, c'est-à-dire que la représentation proposée à l'utilisateur ne représente pas nécessairement la totalité du graphe. Pour des raisons évidentes de lisibilité, il est possible de spécifier le nombre de nœuds affichés à partir du nœud actif en fonction d'un paramètre réglé par l'utilisateur (fonction 'locality'). Les objets prenant en charge l'affichage partiel du graphe sont : *Locality*, *VisibleLocality* et *LocalityUtils* qui contiennent les opérations permettant de cacher ou d'étendre un nœud (afficher les nœuds liés). Enfin, la lecture et l'enregistrement des fichiers XML utilisés par TouchGraph sont réalisés par l'objet *XMLio*.

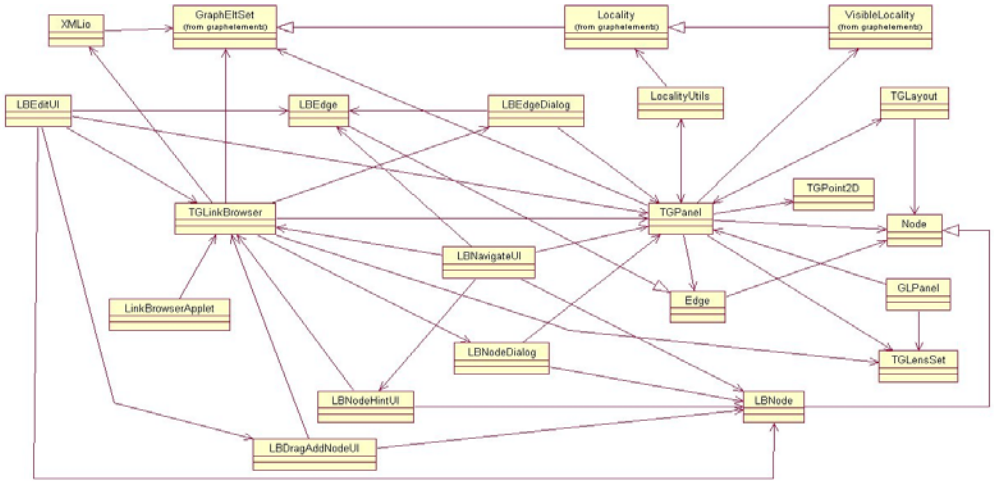


Figure 67 : Diagramme de classes de l'application TouchGraph.

6.3 - Mise en œuvre des interfaces

La conception des interfaces de nos démonstrateurs a été guidée par la volonté de simplifier au maximum leur utilisation. Compte tenu de la vocation expérimentale de ces deux plateformes, nous avons concentré nos efforts sur la visualisation adaptative du contexte. Nous ne détaillerons pas les interfaces de Bat'Group car cette application n'a pour fonction que de permettre une mise à jour manuelle de la base de données via des pages utilisant une structuration classique de l'information.

6.3.1 - Principes généraux

Lors de la conception des interfaces, nous avons recherché un mode de navigation aisée et intuitive, afin d'éviter les phénomènes de surcharge cognitive largement décrits dans les recherches portant sur les interfaces homme-machine. Les recommandations formulées par Scapin [Scapin 1986] nous ont servi de base pour formuler notre proposition. Ces recommandations complétées par la lecture des travaux de Jacques Bertin [Bertin 1967] concernant la sémiologie graphique nous ont permis d'orienter nos travaux. Les interfaces que nous présentons ici sont le fruit de l'étude critique de produits existants et des expérimentations que nous avons eu l'occasion de mener[54] au cours de cette thèse. Afin de garder une continuité avec les travaux réalisés précédemment, nous avons conservé le style graphique utilisé pour la réalisation de Bat'Group version 1. En ce qui concerne l'application Bat'Map, les types de nœuds sont représentés par des icônes dont la forme générale est suffisamment différente pour éviter les confusions. Nous avons choisi de conserver les deux types de liens (unidirectionnel et bidirectionnel) proposés dans TouchGraph afin de ne pas trop surcharger l'interface par plusieurs formes de liens.

L'état des nœuds et des liens représentant le contexte d'un acteur est désigné par une couleur, ainsi il est possible de se focaliser directement sur les éléments nécessitant une intervention (icônes colorés en rouge par exemple). Les couleurs que nous avons employées se limitent volontairement à des couleurs éloignées sur le cercle chromatique [Itten 1971][55]. Le choix que nous avons opéré concernant les couleurs est le suivant : les objets inactifs apparaissent en gris, les objets sont colorés en bleu lorsqu'ils sont actifs, en rouge lorsqu'une attention particulière est nécessaire et en vert lorsque l'objet est approuvé ou terminé. Nous pouvons remarquer que ces quatre états (voir Figure 34 p.80) ne peuvent s'appliquer à tous les objets que nous allons représenter, un acteur par exemple sera uniquement actif ou inactif.

6.3.2 - Conception de l'interface de Bat'Group v2

La plateforme Bat'Group permet le contrôle des accès et offre une page d'accueil montrant sous une forme classique les modifications ayant eu lieu depuis la dernière connexion de l'utilisateur.

L'interface de cette plateforme se découpe en deux zones (entête et corps de page) dédiées à des actions spécifiques : la zone d'entête permet de naviguer entre les différents espaces de l'application et la partie principale permet de parcourir et de mettre à jour les objets pris en charge par l'application (Figure 68).

[54] Nous faisons référence ici aux projets DémoWeb, Painlevé et à la thèse d'Olivier Malcurat qui ont permis de produire un état des lieux des besoins en terme d'interface dans le cadre de la conception.
[55] Des informations complémentaires sur la colorimétrie sont disponibles sur le site internet pourpre.com : http://pourpre.com/index.php.

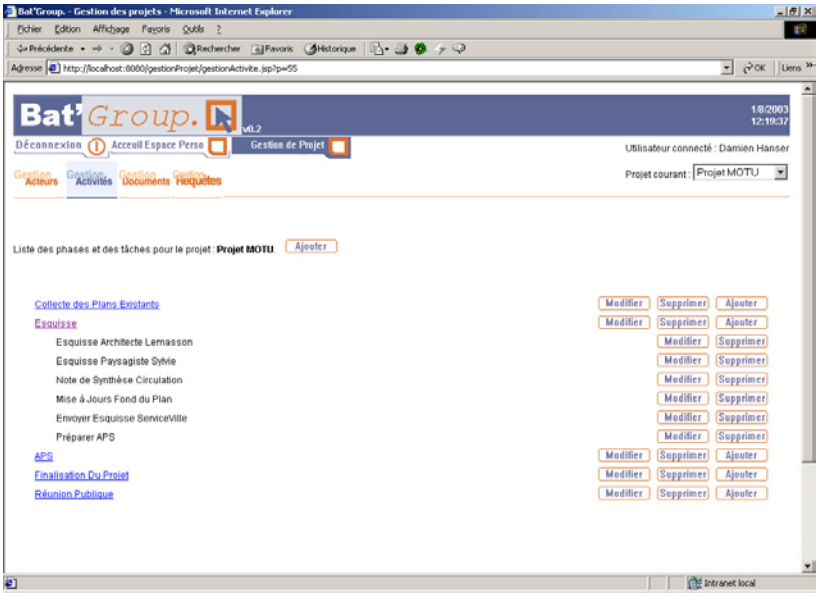


Figure 68 : Interface de Bat'Group v2.

La page d'accueil permet d'orienter le visiteur vers les espaces de projet, d'administration et de visualisation interactive. La navigation entre les pages se fait par des boutons disposés dans la partie haute de la fenêtre, le retour en arrière est rendu possible par un ensemble de boutons montrant les niveaux de parcours précédents.

6.3.3 - Conception de l'interface de Bat'Map

L'application Bat'Map permet de parcourir le contexte d'un projet, l'interface se divise verticalement en une fenêtre de navigation et une fenêtre donnant les détails sur le nœud sélectionné et permettant de supporter les opérations d'édition (Figure 69). La partie supérieure de la fenêtre de navigation contient les boutons correspondant aux fonctionnalités d'assistance à la navigation, comme les fonctions de contrôle graphique (zoom, rotation et localité) et les filtres permettant d'adapter la vue proposée aux besoins de l'utilisateur. La mise à jour de la base de donnée est réalisée en utilisant le mode d'édition permettant d'ajouter des nœuds et par des menus contextuels proposant par exemple la mise à jour de documents ou l'envoi de requêtes. L'édition est réalisée par le biais d'un principe de glisser déposer : lorsque l'utilisateur désire créer un nouvel élément, il lui suffit de sélectionner un nœud puis de glisser la souris. Lorsque celui-ci relâche le bouton de la souris un menu contextuel apparaît, proposant une liste d'actions possibles.

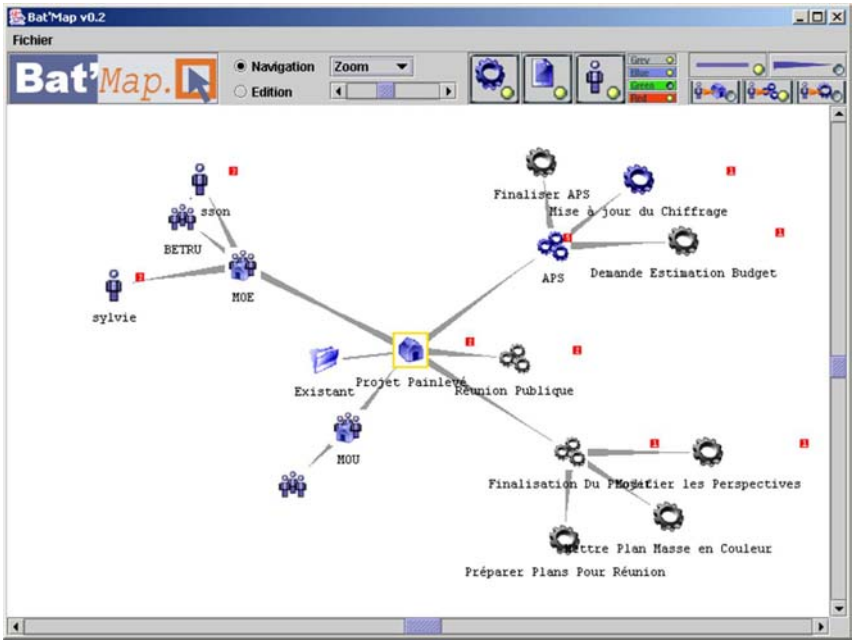


Figure 69 : Interface de Bat'Map.

6.3.4 - Représentation du contexte de projet

L'application de visualisation interactive permet une représentation des éléments du projet. Ainsi, il est nécessaire de représenter les acteurs, les activités et les documents apparaissant au cours d'une activité de groupe. Dans un premier temps, nous avons recherché des typologies de graphiques représentant au mieux les éléments primaires de notre modèle. Nous avons donc choisi de représenter une activité par un engrenage évoquant le caractère cyclique et itératif de l'activité ; les acteurs sont représentés par un bonhomme stylisé et les documents par une feuille de papier imprimé.

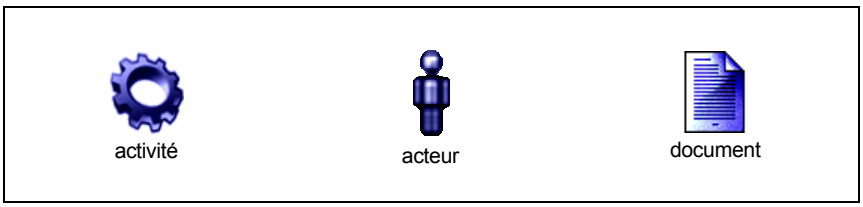


Figure 70 : Les trois entités de base représentées dans Bat'Map.

Lors de la mise en œuvre de nos démonstrateurs successifs, prenant tout d'abord la forme de dessins d'intentions jusqu'à l'application que nous présentons ici, nous avons cherché à préserver cet esprit de simplicité dans la représentation des éléments du projet. Nous avons été conduit à affiner notre choix d'icônes afin de permettre la représentation d'éléments particuliers tels que le projet (représenté par une maison simplifiée) ou les activités de coordination (deux flèches

évoquant l'échange). La Figure 71 montre les différents types d'icônes permettant de représenter le contexte d'une activité de groupe.

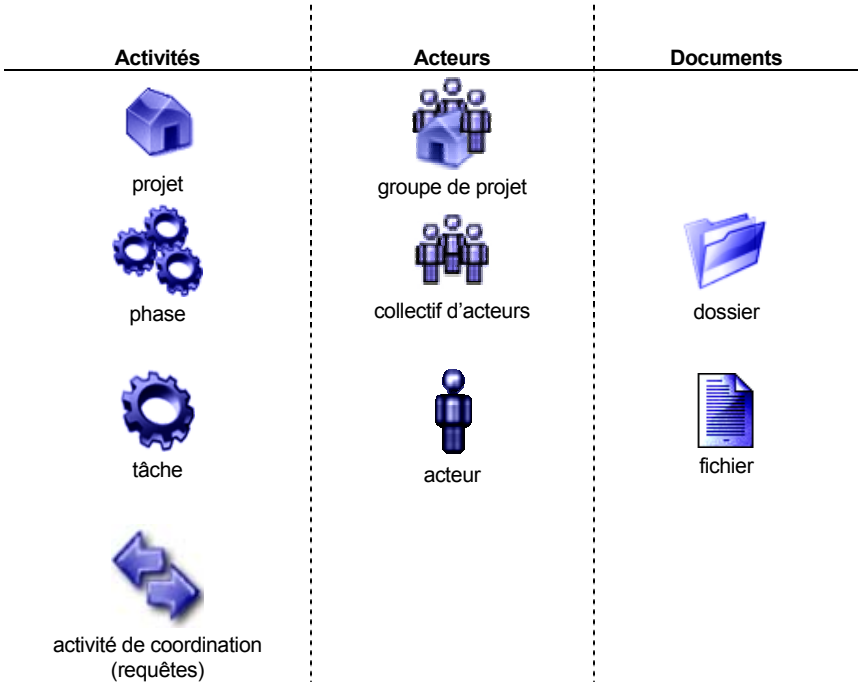


Figure 71 : Icônes représentant les éléments d'une activité de groupe.

Nous avons choisi de distinguer quatre états possibles pour les éléments d'un projet, par analogie avec les états décrits par la WfMC au sujet des activités (voir Figure 34 p.80) :

- Soit l'élément est inactif, c'est-à-dire que l'activité représentée ou le document est prévu mais pas encore initialisé ;
- Soit l'élément est en cours de réalisation et suit une marche normale, il ne nécessite donc pas une attention particulière de la part de l'utilisateur ;
- Soit l'élément est terminé, c'est-à-dire que l'activité correspondante est clôturée ou qu'un document est validé ;
- Soit, enfin, l'élément se trouve dans une situation de problème nécessitant une attention particulière de la part l'utilisateur.

Le cas des acteurs se révèle particulier dans le sens où un acteur est uniquement actif ou inactif dans une activité. La représentation de ces états est faite par la coloration de l'icône correspondante et suit le code de couleur que nous avons proposé dans l'introduction de cette section (Gris = inactif, Bleu = en cours, Vert = terminé et Rouge = attention).

Les relations entre les éléments sont représentées par des liens dont la signification varie en fonction des entités reliées. La désignation de ces relations nous permet de déterminer un certain nombre de filtres permettant d'afficher les relations qui correspondent à plusieurs modes de parcours du contexte représenté dans la fenêtre de visualisation interactive. Dans ce cas, la couleur du lien sert à représenter l'état de la relation qui unit deux entités : la relation entre un acteur et une phase va pouvoir traduire si l'acteur a terminé ou non les tâches qui lui ont été

assignées (Gris = n'a pas encore commencé, Bleu = est en cours, Vert = a terminé et Rouge = est en retard).

Relation		Type
 acteur	Acteur – Acteur	Dirige (dans un groupe)
	Acteur – Groupe Projet	Appartient au groupe de projet
	Acteur – Collectif	Fait partie d'un collectif d'acteurs (entreprise, service, …)
	Acteur – Fichier	Actions effectuées : a crée, a modifié, a mis à jour, …
	Acteur – Dossier	
	Acteur – Projet	Rôle opérationnel : Expert, consultant, producteur, responsable, …
	Acteur – Phase	
	Acteur – Tâche	
	Acteur – Requête	Auteur
 groupe de projet	Groupe Projet – Acteur	Contient ; est dirigé par …
	Groupe Projet – Groupe Projet	
	Groupe Projet – Collectif	Cadre contractuel : Mandataire ; co-traitant ; sous-traitant ; prestataire externe …
	Groupe Projet – Fichier	
	Groupe Projet – Dossier	
	Groupe Projet – Projet	Rôle organisationnel : Maître d'œuvre, Maître d'ouvrage, Entreprise de construction, Usagers …
	Groupe Projet – Phase	
	Groupe Projet – Tâche	
	Groupe Projet – Requête	Destinataire de la requête
 collectifs	Collectif – Acteur	Par exemple : fonction dans une entreprise
	Collectif – Groupe Projet	Appartient au groupe de projet
	Collectif – Collectif	Contient des divisions (dans une entreprise par exemple)
	Collectif – Fichier	Actions effectuées : crée, modifié, mis à jour, …
	Collectif – Dossier	
	Collectif – Projet	Rôle opérationnel
	Collectif – Phase	
	Collectif – Tâche	
	Collectif – Requête	Auteur (si l'utilisateur est une entreprise) ; destinataire

Grisé = Action non supportée

 fichier	Fichier – Acteur	Actions effectuées
	Fichier – Groupe Projet	
	Fichier – Collectif	Actions effectuées
	Fichier – Fichier	Version de ; fait référence ; utilise en Xref
	Fichier – Dossier	Est contenu, fait référence
	Fichier – Projet	Est utilisé dans, est généré par
	Fichier – Phase	
	Fichier – Tâche	
	Fichier – Requête	Fait référence
 dossier	Dossier – Acteur	Actions effectuées
	Dossier – Groupe Projet	
	Dossier – Collectif	Actions effectuées
	Dossier – Fichier	Contient ; …
	Dossier – Dossier	Version de ; basé sur ; …
	Dossier – Projet	Est utilisé dans, est généré par
	Dossier – Phase	
	Dossier – Tâche	
	Dossier – Requête	Fait référence
 projet	Projet – Acteur	A pour participant
	Projet – Groupe Projet	
	Projet – Collectif	
	Projet – Fichier	Utilise, génère
	Projet – Dossier	
	Projet – Projet	
	Projet – Phase	Contient
	Projet – Tâche	
	Projet – Requête	
 phase	Phase – Acteur	A pour participant
	Phase – Groupe Projet	
	Phase – Collectif	A pour participant
	Phase – Fichier	Contient
	Phase – Dossier	
	Phase – Projet	Fait partie du projet
	Phase – Phase	Flux de tâches : Suit, nécessite, …
	Phase – Tâche	Contient
	Phase – Requête	Contient
 tâche	Tâche – Acteur	A pour participant
	Tâche – Groupe Projet	
	Tâche – Collectif	A pour participant
	Tâche – Fichier	Génère ; utilise ; nécessite ; …
	Tâche – Dossier	
	Tâche – Projet	
	Tâche – Phase	Fait partie de la phase
	Tâche – Tâche	Flux de tâches : Suit, nécessite, …
	Tâche – Requête	
 activité de coordination (requête)	Requête – Acteur	Destinataire (voir : Acteur – Requête = Auteur)
	Requête – Groupe Projet	Destinataire
	Requête – Collectif	
	Requête – Fichier	Concerne
	Requête – Dossier	
	Requête – Projet	
	Requête – Phase	Est contenue dans le phase
	Requête – Tâche	
	Requête – Requête	

Grisé = Action non supportée

Tableau 13 : Types de relations représentées dans Bat'Map.

Le tableau des relations (Tableau 13) nous permet de déterminer les liens qui seront possibles lors de l'édition d'un graphe dans Bat'Map. Par exemple, l'utilisateur ne pourra pas créer de relation entre deux projets car nous sommes partis du principe qu'un projet était un élément unitaire indépendant. Les relations attachées au groupe de projet permettent uniquement de transcrire graphiquement l'organisation contractuelle du projet. Ainsi, un groupe de projet ne peut être relié qu'à un projet afin de déterminer son rôle organisationnel et à des acteurs ou des entreprises (fonctions dans le groupe et contrats). Ce tableau permet de compléter le modèle que nous avons défini en montrant les cas possibles dans le domaine que nous examinons.

Nous pouvons dégager des catégories dans ces relations afin de permettre la mise en œuvre de filtres permettant à la fois de limiter le nombre de liens affichés simultanément et d'adapter les vues à la demande des utilisateurs. Les catégories que nous avons isolées sont : les relations structurelles montrant l'inclusion (entre tâches, entre acteurs, entre documents), les relations fonctionnelles (i.e. les relations d'utilisation et la hiérarchie) et les relations de flux concernant la logique d'enchaînement des tâches, les dépendances entre documents, etc …

Cet ensemble de nœuds et de liens sera suffisant pour représenter les relations apparaissant au cours d'une activité, il sera même possible de représenter un flux de tâches de type workflow même si ceci n'est pas notre ambition première.

6.4 - Interactivité

6.4.1 - Sélection de l'information affichée dans Bat'Map

Les filtres que nous avons mis en place permettent de filtrer à la fois les nœuds et les liens affichés en fonction du type qui leur est associé. Cette fonctionnalité permet d'adapter les vues générées par l'application de visualisation en fonction des besoins de l'utilisateur et permet de réduire considérablement le nombre d'informations affichées simultanément. Ceci contribue à augmenter d'une part la lisibilité et d'autre part la pertinence de la visualisation.

Sur les nœuds, nous avons mis en place deux niveaux de filtrage : le premier est constitué par trois filtres agissant sur la visibilité des familles d'entités représentées dans Bat'Map. Par exemple, lorsque le filtre 'acteurs' est activé, les individus, les groupes de projet et les entreprises sont retirés de l'affichage. Le second niveau de filtrage concerne la temporalité des objets représentés : nous allons ainsi pouvoir filtrer les documents et les activités achevées (validées), en cours et planifiées.

Sur les relations, nous proposons deux filtres concernant des relation exprimant une relation d'ordre (i.e. chronologie, séquence) et des relations simples dont le sens peut être déduit à partir de ses extrémités (i.e. un acteur et un document) . Ces filtres ont pour fonction de simplifier les vues générées en masquant l'un ou l'autre de ces types de relations. Nous y ajoutons un ensemble de trois filtres concernant les rôles opérationnels (sur le projet, sur les phases et sur les tâches) afin de reproduire un comportement qui pourra être automatisé à l'avenir en fonction de

la vue générée, par exemple les rôles concernant le projet pourront être masqués lorsque l'utilisateur navigue à proximité des phases ou des tâches. Chaque relation représentée par l'application Bat'Map appartient donc à une des catégories que nous venons de proposer (Figure 72). La conception de l'application TouchGraph sur laquelle nous nous appuyons se fonde sur des concepts bien connus dans le domaine des hypermédias adaptatifs : un objet contient l'intégralité du graphe et un objet contient la partie de ce graphe qui est visible par l'utilisateur. Lorsqu'un utilisateur parcourt le graphe affiché, l'objet correspondant est mis à jour pour refléter la 'visibilité' qui lui est offerte.

Dans l'application d'origine, l'étendue de la partie visible dépendait du nombre de liens affichés à partir du lien actif (paramètre de localité). Nous avons donc été amenés à modifier cet objet afin de permettre une plus grande souplesse dans la sélection des nœuds et des liens à afficher.

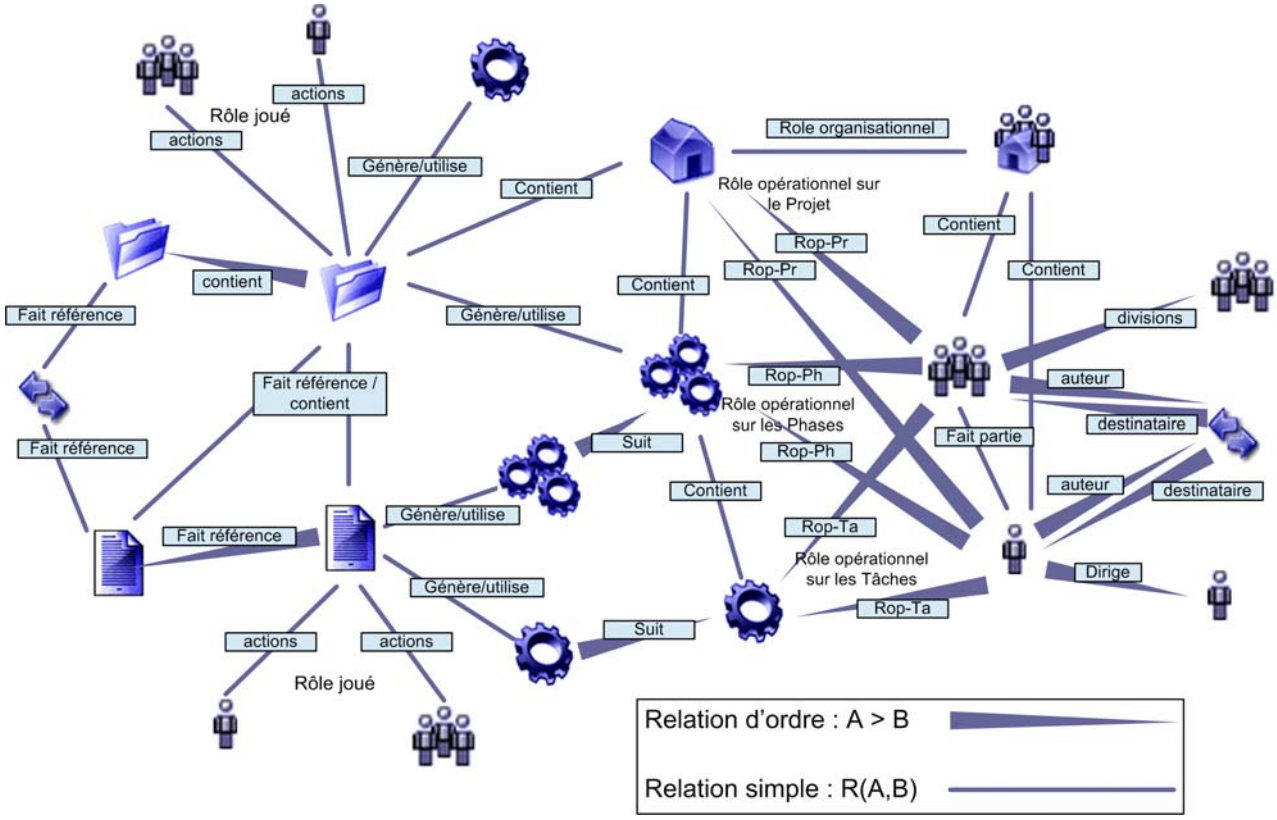


Figure 72 : Récapitulatif des relations représentées dans Bat'Map.

Les paramètres associés aux nœuds intégraient déjà un critère de visibilité dans l'application d'origine, nous avons donc simplement eu à modifier ce critère en fonction des filtres que nous proposons. Par exemple, lorsque le filtre concernant les activités est activé, nous allons rechercher dans le graphe tous les nœuds appartenant à la famille des activités et nous les marquons comme étant 'cachés'. Par contre, la mise en place du filtrage des nœuds s'est révélée plus complexe car, dans l'application d'origine, les liens entre deux nœuds visibles sont toujours affichés. La solution que nous avons appliquée est d'examiner chaque lien contenu dans le

graphe visible et de le retirer lorsqu'il correspond à un type non souhaité. Cette opération est réalisée à chaque changement de localité, c'est-à-dire à chaque fois que des nœuds entrent dans le graphe visible.

Les types de nœuds et de liens sont inscrits dans le fichier XML en fonction des informations présentes dans la base de données. Le fichier est construit lorsqu'un utilisateur demande l'affichage de l'application de visualisation. Ce fichier contiendra le graphe qui pourra être parcouru par l'utilisateur en fonction de son rôle et son contexte de travail. La sélection des informations contenues dans la base de données permettant de créer ce fichier est opérée, puis mise en forme par un ensemble d'objets Java (JavaBeans).

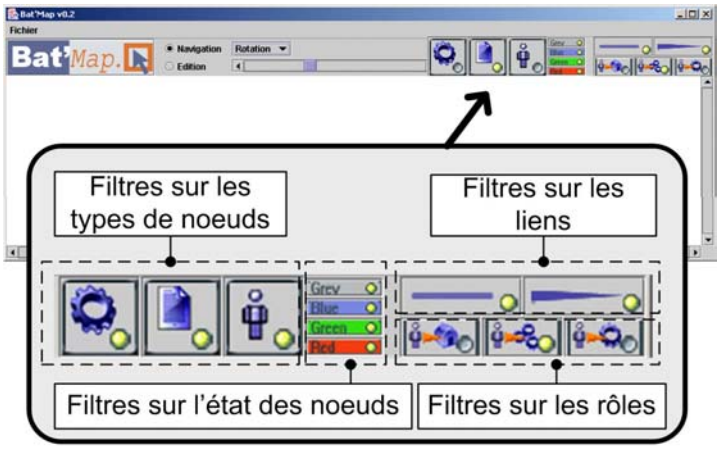


Figure 73 : Les boutons correspondant aux filtres dans Bat'Map.

6.4.2 - Mise en œuvre de la coordination par requêtes

Comme nous l'avons défini dans notre modèle, les requêtes sont des activités de coordination initiées par des acteurs apparaissant de manière non planifiée au cours de la vie d'un projet. Une requête est initiée par un acteur et concerne un ou plusieurs destinataires. Selon le type de la requête envoyée, celle-ci peut concerner un ou plusieurs documents et demander des interventions diverses à son destinataire.

Les types de requêtes que nous avons mis en œuvre dans notre prototype suivent les catégories que nous avons proposées plus haut :

- Demande d'informations
- Demande de document
- Demande de réunion
- Demande de modifications sur un document
- Pour avis
- Pour validation
- Pour information
- Pour consultation

Les requêtes reçues par un utilisateur depuis sa dernière connexion apparaissent dans l'espace d'accueil de Bat'Group. L'utilisateur prend ainsi connaissance des sollicitations dont il fait l'objet dès son entrée sur la plateforme. L'envoi d'une nouvelle requête peut se faire depuis différents endroits de la plateforme. Dans Bat'Group, l'envoi de requêtes se fait depuis l'espace des projets, dans Bat'Map l'envoi se fait via le menu contextuel attaché aux acteurs (faire une demande) et aux documents (envoyer). Dans l'application de visualisation, les requêtes sont représentées avec leur auteur, leur(s) destinataire(s) et les documents qui sont concernés ; l'utilisateur peut ainsi se faire très vite une idée de l'enchaînement des requêtes ayant conduit à la version actuelle d'un document.

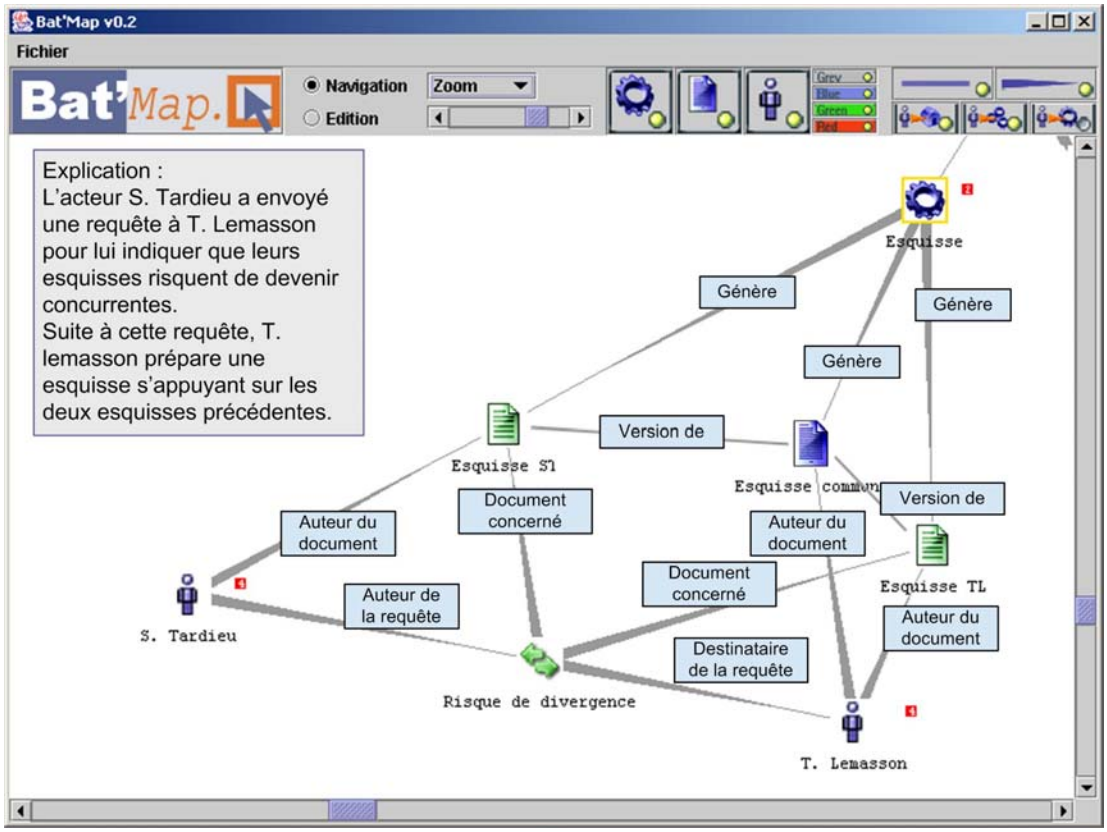


Figure 74 : Représentation d'une requête dans Bat'Map.

6.4.3 - Mise en œuvre d'assistants

Afin de faciliter l'utilisation et le paramétrage de la plateforme, nous avons prévu quelques assistants basés sur un enchaînement de formulaires. Ces assistances concernent l'ajout d'un nouveau projet, l'ajout d'une requête, l'ajout d'un acteur et la gestion des rôles.

En ce qui concerne les projets, nous avons prévu dans la structure de notre base de données de permettre le stockage de projets-types afin de faciliter la création de la structure d'un nouveau projet. Un projet-type est défini soit à partir d'un projet réalisé dont la structure est enregistrée,

soit directement par l'administrateur de la plateforme. Lorsqu'un utilisateur choisit d'utiliser un projet-type, il a la possibilité de choisir d'utiliser l'ensemble ou uniquement un partie du projet sélectionné. Prenons en exemple la structure fournie par la loi MOP, il est fréquent que ce cadre serve de base pour des projets privés, la structure est alors adaptée aux conditions particulières du nouveau projet (fusion de phases, suppression, etc …). L'assistant de création de nouveau projet permet de charger la structure d'un projet-type et d'intervenir sur celle-ci afin de l'adapter aux conditions particulières rencontrées.

6.4.4 - Communication et édition via Bat'Map

L'interface de Bat'Map se charge dans une page internet contenant deux parties (frames), l'une est destinée à l'application de visualisation interactive et l'autre est destinée à présenter les informations relatives au nœud sélectionné dans l'application. Pour présenter l'information et permettre la mise à jour de la base de données et le rafraîchissement de la vue du graphe, nous devons mettre en place des communications entre les différentes parties de notre plateforme. Dans un premier temps, l'application envoie l'identification du nœud sélectionné par l'utilisateur à la page de détails. Lorsque l'utilisateur réalise une modification, la page communique avec la base de données en passant par les différentes couches logiques. Ensuite, le graphe de visualisation est mis à jour par le biais d'un objet assurant la synchronisation (socket).

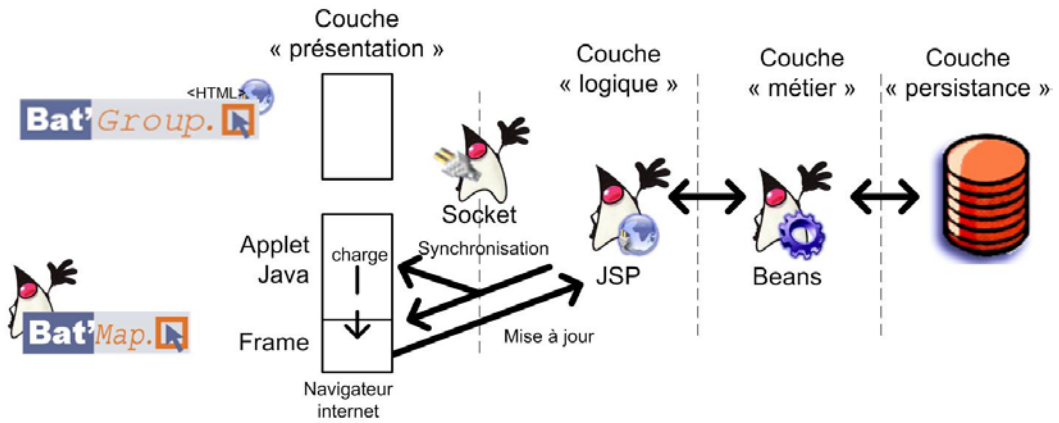


Figure 75 : Principe de communication dans Bat'Map.

L'application Bat'Map offre aux utilisateurs un mode d'édition plus intuitif, fondé sur le principe du 'glisser-déposer'. Lorsqu'un utilisateur désir ajouter un élément ou une relation, il lui suffit de sélectionner un nœud (origine de la relation) et de maintenir le bouton de sa souris enfoncé, puis de déplacer son curseur pour créer une nouvelle entité. Lorsque l'utilisateur relâche le bouton de sa souris, un menu contextuel apparaît, proposant les opérations possibles en fonction du type du nœud d'origine. Lors de l'ajout d'une relation, l'application vérifie la cohérence de la demande (relation décrite ou non dans le modèle de niveau M1) puis crée la relation dans la base de données.

Les applications dont nous venons de décrire la conception serviront de cadre de démonstration pour le modèle que nous proposons. La mise en place de cette infrastructure dans le cadre d'un projet réel permettra d'illustrer notre proposition et d'en entamer de nouvelles.

Chapitre 7 ÉVALUATION

Ce chapitre expose les éléments dont nous disposons pour vérifier la compatibilité de notre modèle avec le standard MOF, puis nous montrerons les capacités de notre démonstrateur en simulant une situation d'interaction issue du scénario que nous avons isolé au chapitre 5. Enfin, nous verrons une mise en situation dans une agence d'architecture sur un cas réel de projet.

7.1 - Validation de la conformité du modèle

Nous allons ici vérifier la structure en couches de notre modèle en utilisant un outil d'édition de modèles dédié au MOF. Une telle démarche permettra de s'assurer de la compatibilité de notre modèle avec le standard et donc de la possibilité d'interfacer celui-ci avec d'autres modèles compatibles. La validation portera notamment sur l'architecture à trois niveaux et sur la possibilité de représenter un cas réel au travers de notre modèle (niveau M0). Il existe encore très peu d'outils permettant de modéliser des architectures conformes au MOF. Ces outils sont très récents et donc postérieurs à la plupart de nos recherches, voilà pourquoi nous utilisons cet outil dans un but de validation. Cette expérience nous permettra de déterminer si notre modèle est compatible avec l'architecture MOF, telle qu'elle est implantée dans les outils de modélisation. Les outils de modélisation dédiés au MOF étant à l'heure actuelle relativement confidentiels, notre choix s'est porté sur Ram3, développé par Xavier Le Pallec.

7.1.1 - Présentation de l'application Ram3

L'application Ram3 (Rapid Manipulation of Mof Metadata) est le fruit des travaux de recherches sur les outils de méta-modélisation menés par le laboratoire Trigone à Lille. La mise en œuvre de cette application a fait l'objet de la thèse de Xavier Le Pallec [Le Pallec 2002] et se trouve encore en développement à ce jour. Nous avons eu l'occasion de rencontrer Xavier Le Pallec au cours de cette année afin de procéder à la saisie de notre modèle dans l'outil Ram3, les paragraphes suivants décrivent le déroulement de cette saisie.

L'interface de Ram3 se compose de fenêtres d'édition graphique des modèles, de fenêtres permettant de paramétrer les différents objets saisis dans le modèle et de fenêtres montrant les différentes couches d'un modèle. Ram3 est un outil de modélisation utilisant les prinicipes du MOF, il permet donc de générer plusieurs modèles instances à partir d'un modèle source, par exemple notre méta-modèle 'orienté relations' permettra de générer divers modèles (niveau M1) correspondant à des cas particuliers de projet (le contexte français de la construction par exemple) qui eux-mêmes pourront servir à décrire de nombreux cas réels (niveau M0). L'apport de cette application est de permettre une vérification des modèles au cours de leur saisie.

7.1.2 - Saisie du méta-modèle

Dans Ram3 la saisie démarre par la constitution d'un méta-modèle suivant les principes du MOF. L'ajout de classes puis de relations se fait par des menus contextuels. Nous avons saisi à ce niveau le méta-modèle que nous avons proposé au chapitre 4. La Figure 76 montre une capture d'écran effectuée au cours de la saisie de notre méta-modèle. Les lignes pointillées

représentent des classes abstraites qui correspondent aux entités de base que nous avions isolées dans notre méta-modèle (acteur, activité et document).

Lorsque l'on ajoute une nouvelle classe à ce niveau, l'outil demande s'il existera des instances de cette classe au niveau M0 (cas réel), si tel est le cas, Ram3 crée une nouvelle classe abstraite correspondante (Acteur et ActeurClass dans la Figure 76). L'ajout de relations entre classes se fait en sélectionnant la classe source et la classe cible puis en indiquant les cardinalités et la présence éventuelle d'instances de cette relation au niveau M0.

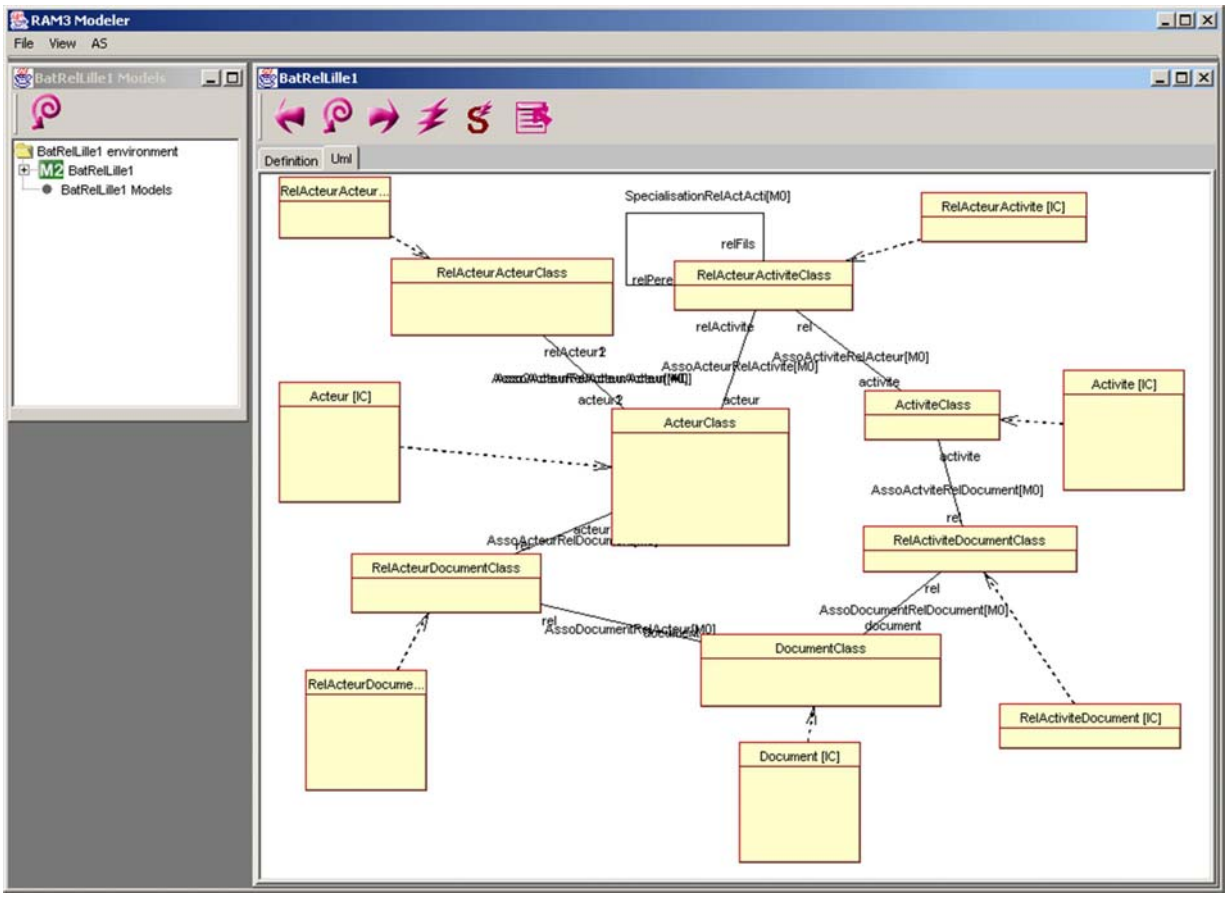


Figure 76 : Saisie du niveau M2 du modèle.

La saisie opérée dans Ram3 a montré que nous étions capables de décrire les entités de notre méta-modèle avec un formalisme MOF. La suite de cette expérimentation poursuit notre démarche en portant notre attention sur les couches modèle (M1) et instanciation (M0).

7.1.3 - Saisie du modèle

Le modèle que nous avons saisi dans Ram3 est une instanciation du méta-modèle représentant le contexte d'un projet de bâtiment. Il correspond au modèle que nous avons donné dans le chapitre 6. La modélisation au niveau M1 s'effectue de la manière suivante : lorsque l'on accède

au menu contextuel permettant de créer une nouvelle classe, Ram3 propose plusieurs choix correspondants à l'instanciation des classes appartenant au méta-modèle correspondant. Ceci nous a permis de vérifier si la structure de notre méta-modèle permettait de représenter notre modèle en suivant le MOF. Il en est de même pour les associations entre classes : l'outil ne propose que des associations déclarées au niveau conceptuel supérieur.

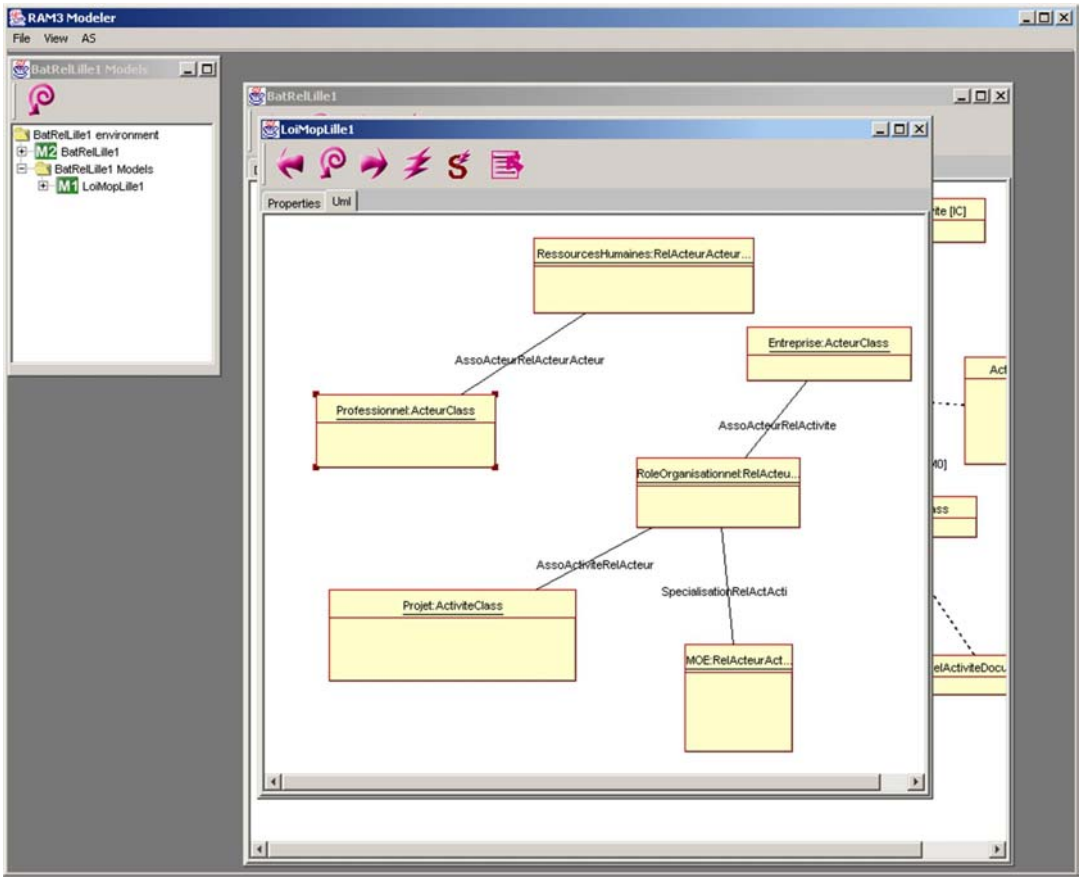


Figure 77 : Saisie du niveau M1 du modèle.

La Figure 77 montre la saisie de ce modèle, notons que la fenêtre de gauche indique maintenant les couches M2 et M1. Cette fenêtre donne des informations concernant la hiérarchie des objets et des modèles en cours de conception dans l'outil.

7.1.4 - Saisie d'un cas réel

Dans l'architecture de modélisation MOF, le niveau M0 permet de décrire un cas réel en utilisant le modèle décrit au niveau M1. Nous allons donc trouver, à ce niveau, des noms d'individus, d'entreprises, de tâches ou de documents. Ram3 ne propose pas de vue graphique à ce niveau (Figure 78).

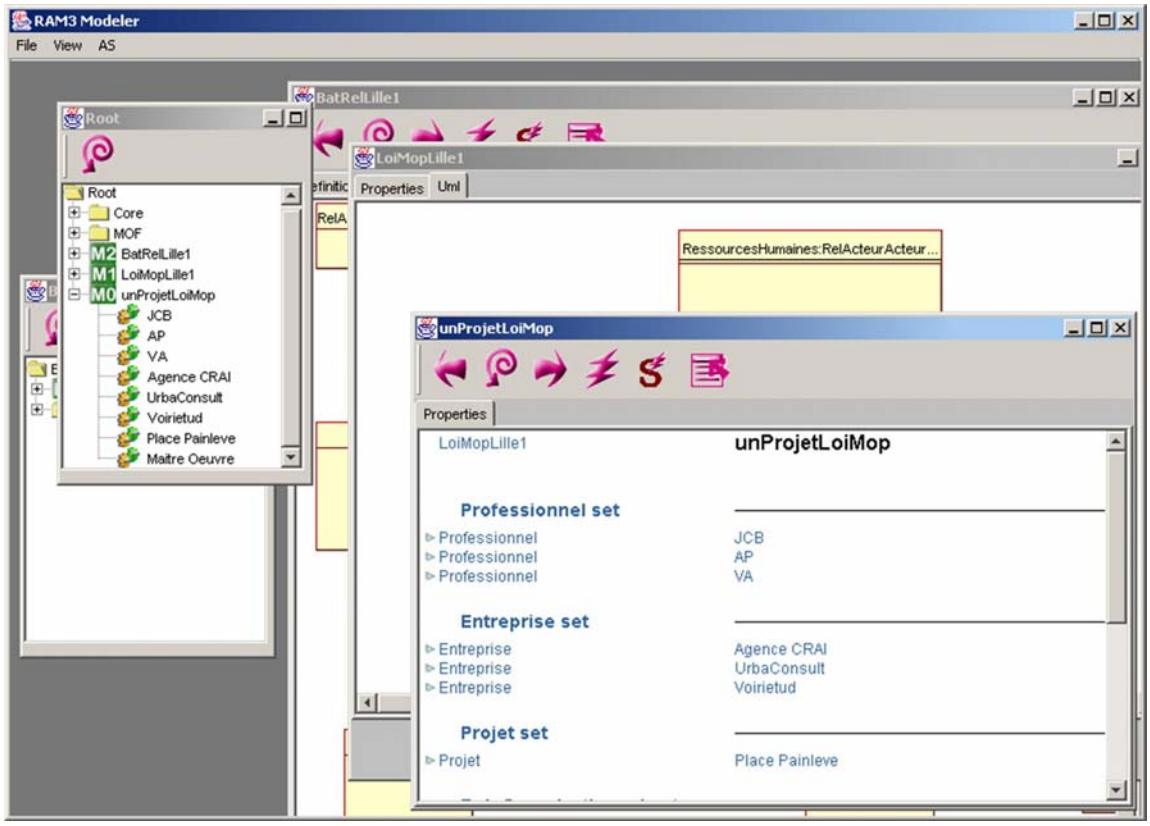


Figure 78 : Saisie du niveau M0 du modèle.

7.1.5 - Conclusion

La réalisation de cette validation s'est révélée quelque peu problématique, Ram3 étant encore en cours de développement. Compte tenu de l'état d'avancement de l'outil, il ne nous a pas été possible de modéliser plusieurs exemples. Nous avons convenu de reprendre celle-ci dans quelques temps lorsque l'application Ram3 sera plus aboutie. Ceci a tout de même permis de vérifier que notre modèle pouvait être saisi dans un outil dédié au MOF, ce qui tend à valider l'architecture en couches de notre modèle.

Étant donné que cet outil ne nous a pas permis de vérifier complètement le modèle, nous avons complété la validation en utilisant une technique classique à base de diagrammes d'objets UML.

7.2 - Vérification de la cohérence du modèle

Le modèle que nous avons proposé doit être capable de représenter des situations qui existent au cours d'un projet. Pour vérifier ceci, nous allons utiliser les données que nous avons pu récolter au cours des expérimentations menées précédemment.

Le contexte de projet que nous avons utilisé pour vérifier notre modèle correspond au projet d'aménagement de la place Paul Painlevé à Nancy déjà évoqué dans le chapitre 5. Nous utilisons ici des diagrammes de collaboration permettant de vérifier si le modèle contient les éléments suffisants pour représenter un exemple tiré de la réalité. Les diagrammes présentés ci-dessous ont été réalisés à l'aide du logiciel Rational Rose permettant de tester les modèles par la réalisation de diagrammes de collaboration : lorsqu'un lien est tracé entre deux entités, le logiciel vérifie si le modèle permet de le représenter. Afin de conserver une lisibilité acceptable des illustrations, nous présentons dans cette section quelques exemples tirés du modèle que nous avons réalisé.

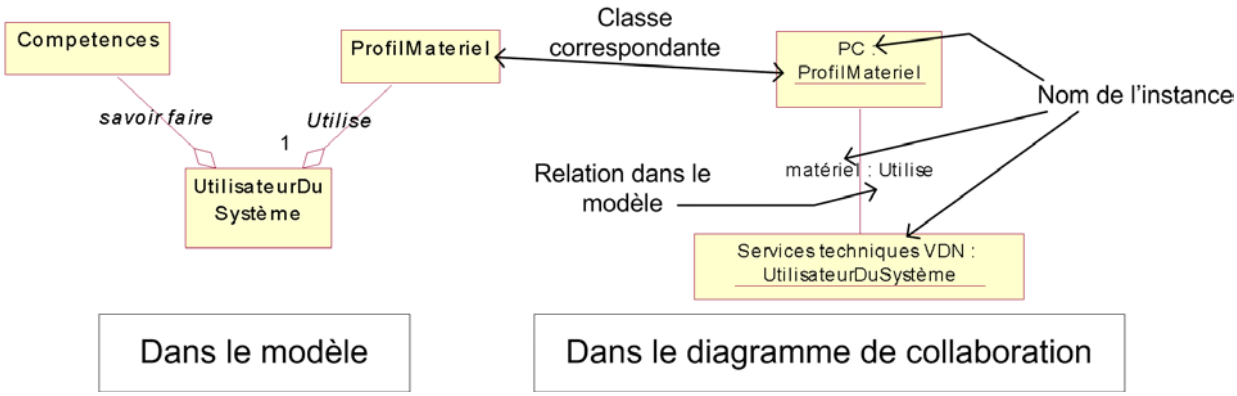


Figure 79 : Formalisme utilisé pour les diagrammes de collaboration.

7.2.1 - Représentation des utilisateurs

Dans notre projet-type nous avons recréé l'organisation d'un projet classique de maîtrise d'œuvre. Le maître d'ouvrage du projet dont nous nous inspirons était la Ville de Nancy, l'agence CRAI qui regroupe les ressources de notre unité de recherche, les agences UrbaConsult et VoirEtud sont des structures fictives destinées à valider le parti urbain et le parti technique du côté de la maîtrise d'œuvre. La Figure 80 montre une représentation par les classes de notre modèle des utilisateurs de la plateforme de projet et de leurs profils matériels.

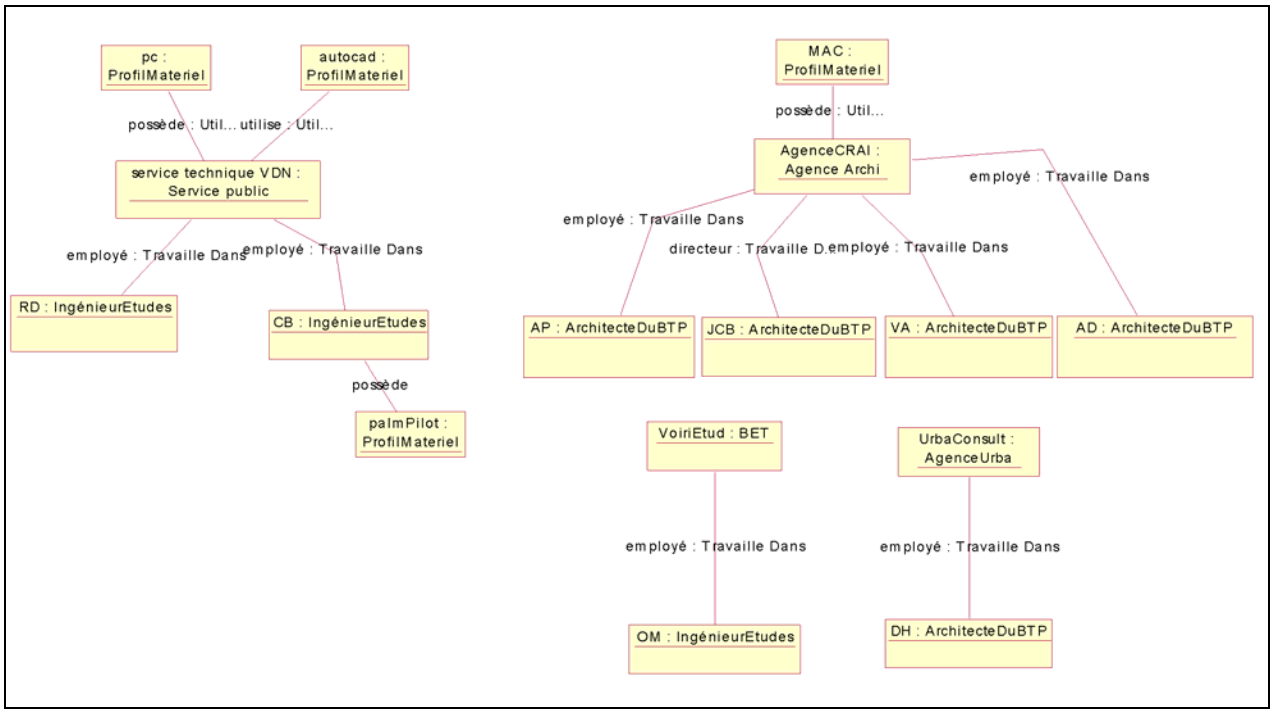


Figure 80 : Représentation d'utilisateurs du système et de leurs profils matériels.

Le modèle permet de représenter les utilisateurs, leur cadre professionnel et les outils dont ils disposent pour effectuer leurs activités. Ceci permettra par exemple de vérifier si le destinataire d'une requête a déclaré posséder les outils nécessaires au traitement de cette demande. Par exemple, lorsqu'un utilisateur reçoit une demande de modification d'un plan au format Autocad, il peut être utile de savoir si celui-ci sera capable de l'éditer.

7.2.2 - Représentation des activités

Les différentes activités que nous avons isolées dans ce mémoire sont les projets, les phases, les tâches pour les activités d'ordre explicite et les requêtes pour les activités d'ordre implicite. La Figure 81 montre quelques exemples d'activités et une requête de demande d'informations entre deux acteurs du projet.

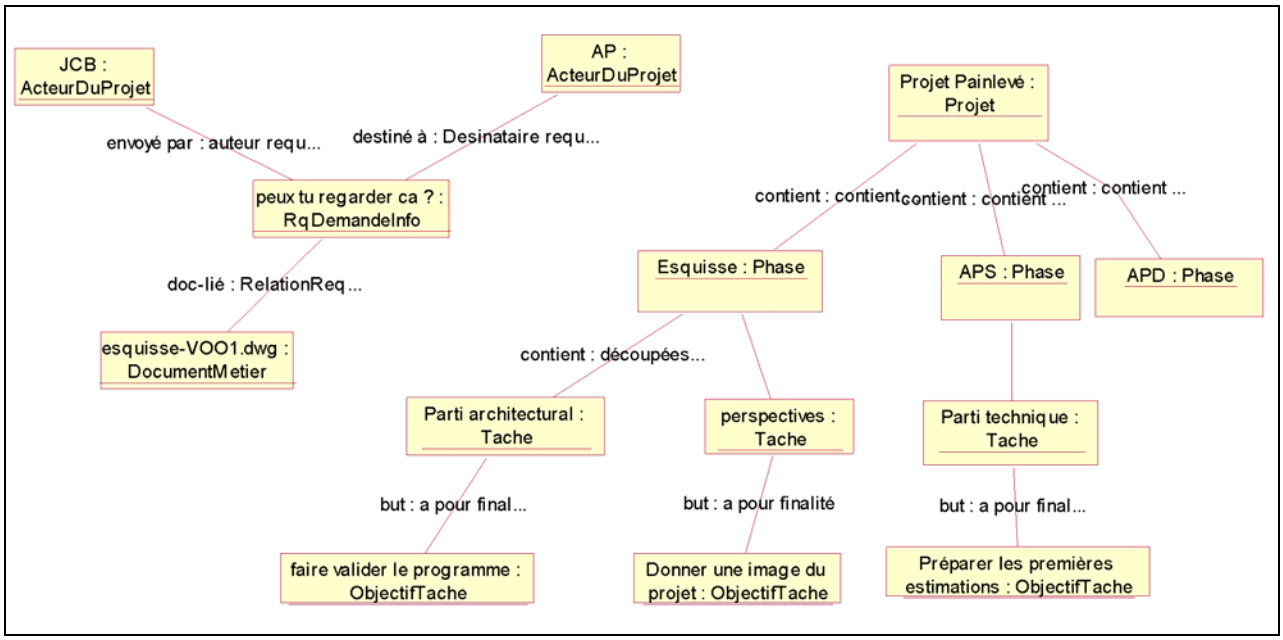


Figure 81 : Représentation d'activités appartenant à un projet.

7.2.3 - Représentation des rôles

Nous avons défini deux types de rôles : les rôles organisationnels qui permettent de décrire le cadre contractuel d'un projet et les rôles opérationnels qui permettent de déterminer les capacités d'actions allouées aux acteurs d'un projet. Dans le projet que nous prenons en exemple, il existait trois équipes de projet :

- L'équipe de maîtrise d'œuvre, composée de AP, VA, AD et JCB appartenant à l'agence d'architecture, DH appartenant à l'agence d'urbanisme et OM appartenant au BET spécialisé dans la voirie ;
- L'équipe de maîtrise d'ouvrage, constituée par RD et CB appartenant aux services techniques de la ville ;
- Les riverains représentés par la commission de quartier.

La Figure 82 montre une représentation des rôles de ces acteurs dans le cadre de la phase d'APS : le responsable de la phase est JCB, les participants sont AP, VA en tant que producteurs d'informations, DH est consultant et OM est expert pour cette phase. RD a un rôle de validation des résultats, les riverains n'interviennent pas à ce niveau du projet.

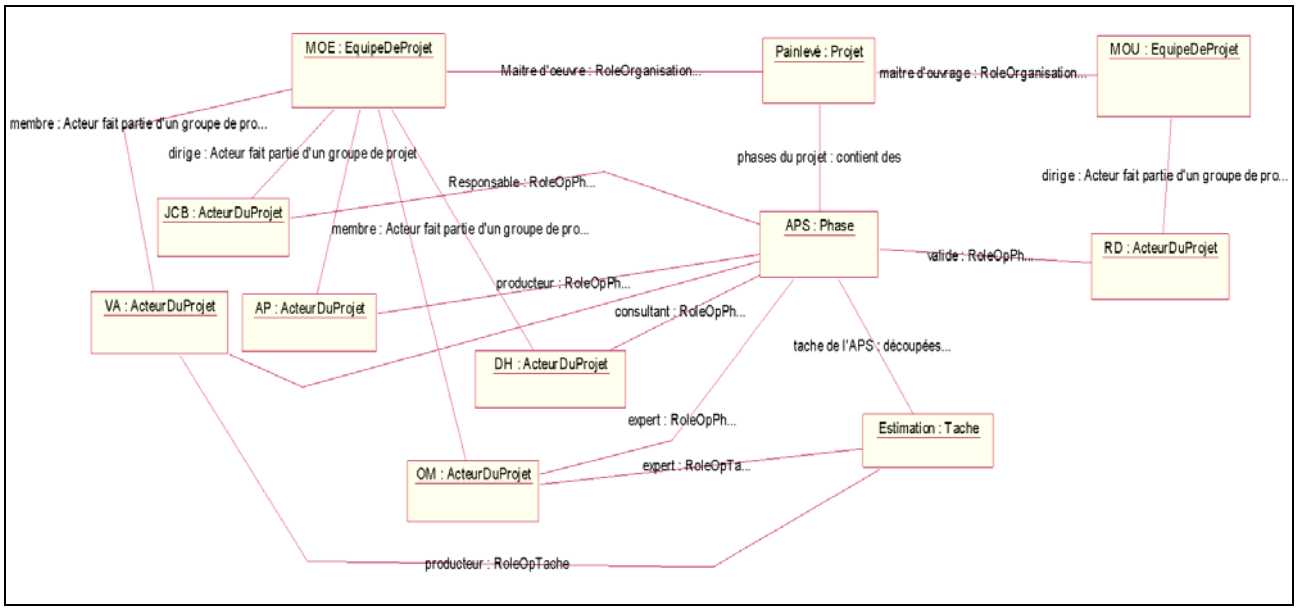


Figure 82 : Représentation de rôles.

7.2.4 - Représentation des documents

Les documents échangés au cours du projet étaient des plans, des images (photographies, perspectives), des textes (contrats, compte-rendus) et des feuilles de calcul (estimatifs, descriptifs). L'exemple donné dans la Figure 83 montre les relations qui lient quelques documents produits au cours de la phase d'esquisse. Les relations que nous avons pu dégager dans ce projet étaient des relations de contenance (partie de), des références, des inclusions (Xref pour les fichiers Autocad) et des versions successives. Le mode de travail des acteurs impliqués dans le projet était d'utiliser au maximum les documents de références en les important dans leurs esquisses sous forme de références externes dans Autocad[56].

Le modèle nous a permis de représenter l'ensemble des relations entre documents, que nous avions isolés au cours de ce projet. La modélisation de cet exemple nous a permis de faire évoluer notre recherche en précisant les types de relations et les relations d'inclusion qui existent entre les éléments d'un projet.

[56] Une référence externe est un mode d'importation de fichier ne permettant pas la modification du fichier source dans le fichier cible. Lors de l'ouverture d'un fichier contenant les fichiers importés en tant que références externes sont rechargés, l'utilisateur est ainsi certain que la version qui est présente dans son fichier de travail est à jour. Cette fonctionnalité est largement utilisée par les architectes car elle permet d'éviter la saisie d'informations contradictoires entre deux plans d'un même édifice.

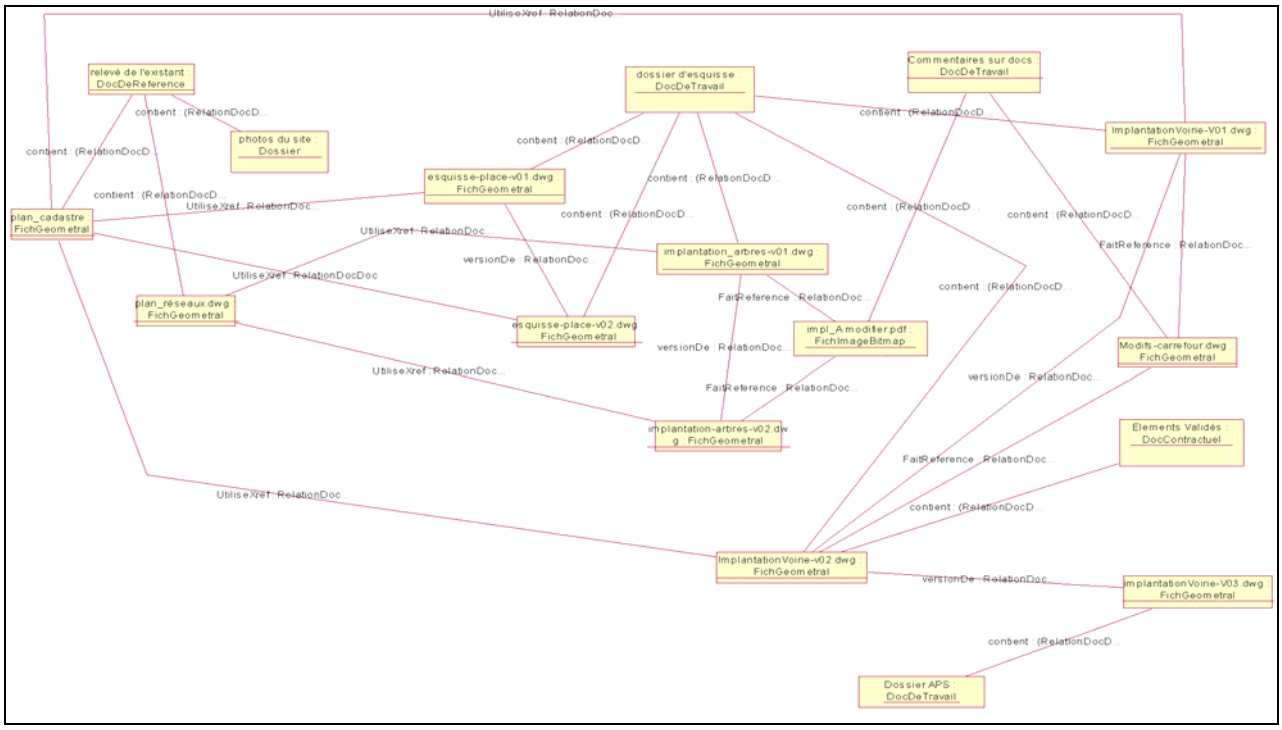


Figure 83 : Représentation des documents.

7.2.5 - Conclusion

La modélisation des relations apparues au cours du projet de réaménagement de la place Paul Painlevé nous a permis de vérifier la capacité de notre modèle à représenter les situations interactives apparaissant au cours d'un projet d'ouvrage bâti. Ces éléments de validation nous montrent que le modèle permettra de représenter les situations qui apparaîtront au cours d'un projet réel. La modélisation de ce cas réel nous a également permis de prendre conscience de la complexité du réseau relationnel existant entre les éléments d'un projet. L'extrait de ce réseau présenté dans la Figure 84 donne une approche de cette complexité et laisse imaginer ce que pourra être l'hypermédia correspondant à un projet comportant plusieurs dizaines d'objets. Cette remarque concernant la complexité du réseau relationnel tissé entre les éléments d'un projet nous a conduit à orienter nos recherches vers les outils permettant une visualisation adaptative d'hypermédias. De même, lors de la réalisation de la plateforme Bat'Map nous avons mis en œuvre une série de filtres permettant d'adapter les vues en fonction des besoins de l'utilisateur (chapitre 6). La section suivante montre une application du démonstrateur Bat'Map au travers d'un exemple d'utilisation issu du scénario qui nous a servi pour tester les divers outils dont nous disposions au cours de nos premières expérimentations.

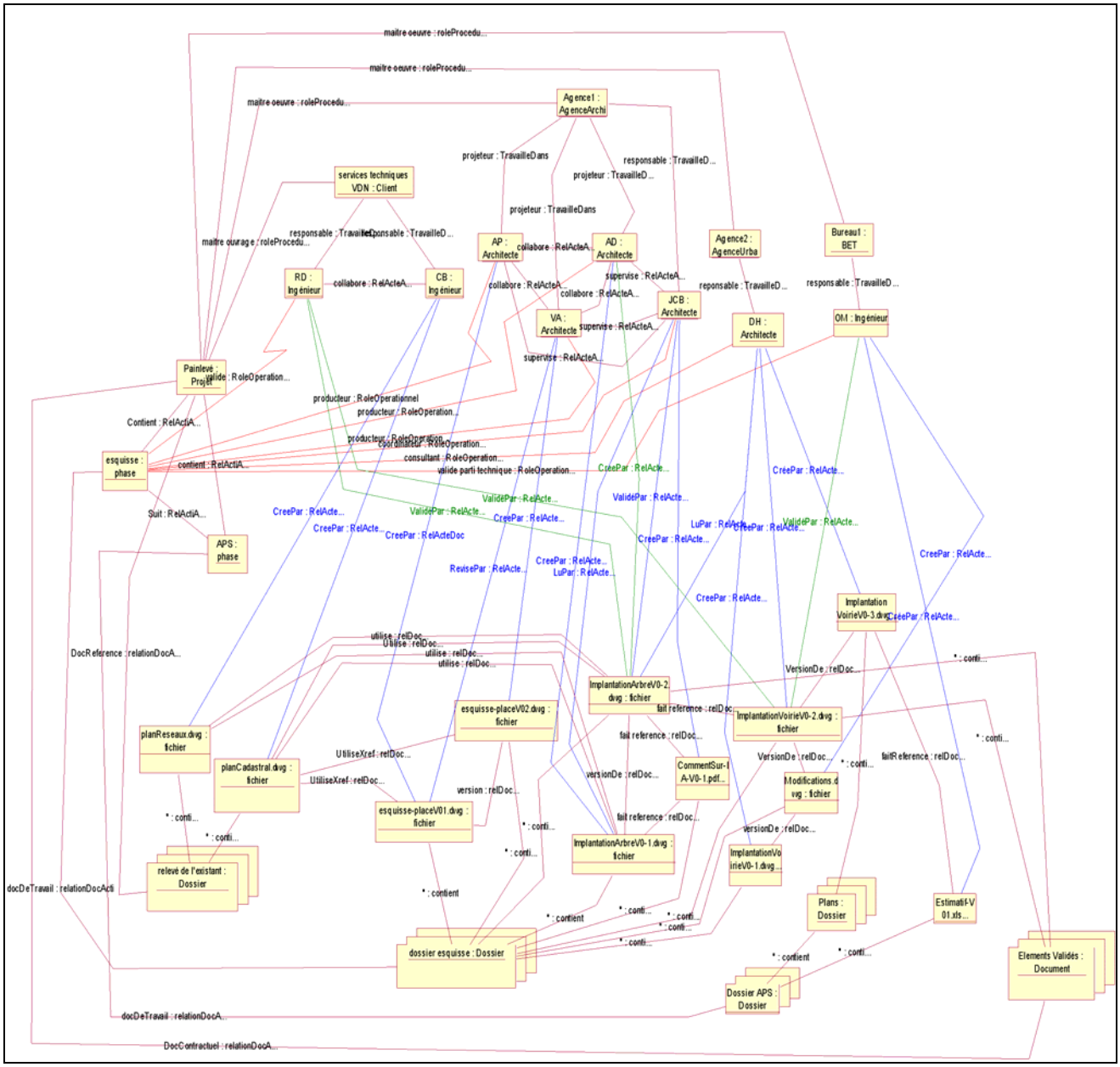


Figure 84 : Extrait d'un graphe hypermédia correspondant au projet donné en exemple.

7.3 - Validation de la représentation contextuelle

7.3.1 - Méthode employée

La mise en œuvre d'une expérimentation dans le cadre d'un cas réel fut pour nous extrêmement problématique, le contexte économique d'un projet ne permettant pas aux professionnels de s'impliquer dans l'utilisation d'un outil en cours de développement. Dans l'état actuel de notre recherche, il semble tout à fait possible de préparer une telle expérimentation en démontrant la capacité d'une vision contextuelle à favoriser la coordination des acteurs d'un projet. L'expérimentation proprement dite pourra survenir dans un deuxième temps, lorsque l'outil aura été fiabilisé.

La démarche que nous avons employée afin de déterminer l'apport de notre proposition a été de tester notre démonstrateur sur la base du scénario que nous avions mis en place lors des expérimentations antérieures (chapitre 5), puis de présenter les résultats à quelques professionnels afin de recueillir leurs réactions. Dans un dernier temps, nous avons proposé à des utilisateurs appartenant au domaine du bâtiment de manipuler la plateforme afin de vérifier si celle-ci offrait une meilleure vision de leur contexte de projet qu'un outil proposant une vue hiérarchique classique.

7.3.2 - Exemple d'utilisation de la plateforme

Le scénario que nous allons dérouler ici reproduit une utilisation réaliste de la plateforme au cours d'un projet. La situation d'interaction décrite dans cet exemple comporte quelques échanges courants puis montre l'apport de l'outil lors du diagnostic d'un conflit potentiel entre deux acteurs du projet.

Le projet utilisé comme exemple est une nouvelle fois le réaménagement de la place Painlevé à Nancy. Les relations entre acteurs ont toutefois été quelque peu romancées. Les acteurs que nous allons présenter dans cet exemple sont, pour la maîtrise d'œuvre, deux architectes indépendants et un ingénieur appartenant au BET mandataire de l'opération. Pour la maîtrise d'ouvrage, nous allons faire intervenir deux ingénieurs employés par les services techniques de la ville de Nancy.

Nous nous concentrons dans cet exemple sur une étape de travail de courte durée (phase d'esquisse) regroupant des interactions variées : notification, ajout de documents, mise à jour, envoi de requêtes et recherche d'informations. Ce scénario est représenté par la Figure 85 en utilisant un diagramme de séquence issu du langage UML. Dans un premier temps, l'acteur administrant la plateforme crée un nouveau projet, invite les participants et désigne le responsable de ce projet. Une fois l'outil paramétré, les acteurs commencent par se répartir le travail au cours d'une réunion puis chacun démarre les tâches qui lui ont été attribuées. L'ingénieur appartenant aux services techniques de la ville dépose les plans de l'existant et informe les membres de la maîtrise d'œuvre que les plans sont potentiellement périmés.

L'ingénieur appartenant au BET décide alors d'aller vérifier le contenu des plans sur le terrain. Pendant ce temps, un des deux architectes dépose des photographies du site.

Un peu plus tard, le premier architecte publie une esquisse, l'ingénieur BET télécharge l'esquisse et demande quelques précisions à son auteur en lui envoyant une requête de demande d'informations.

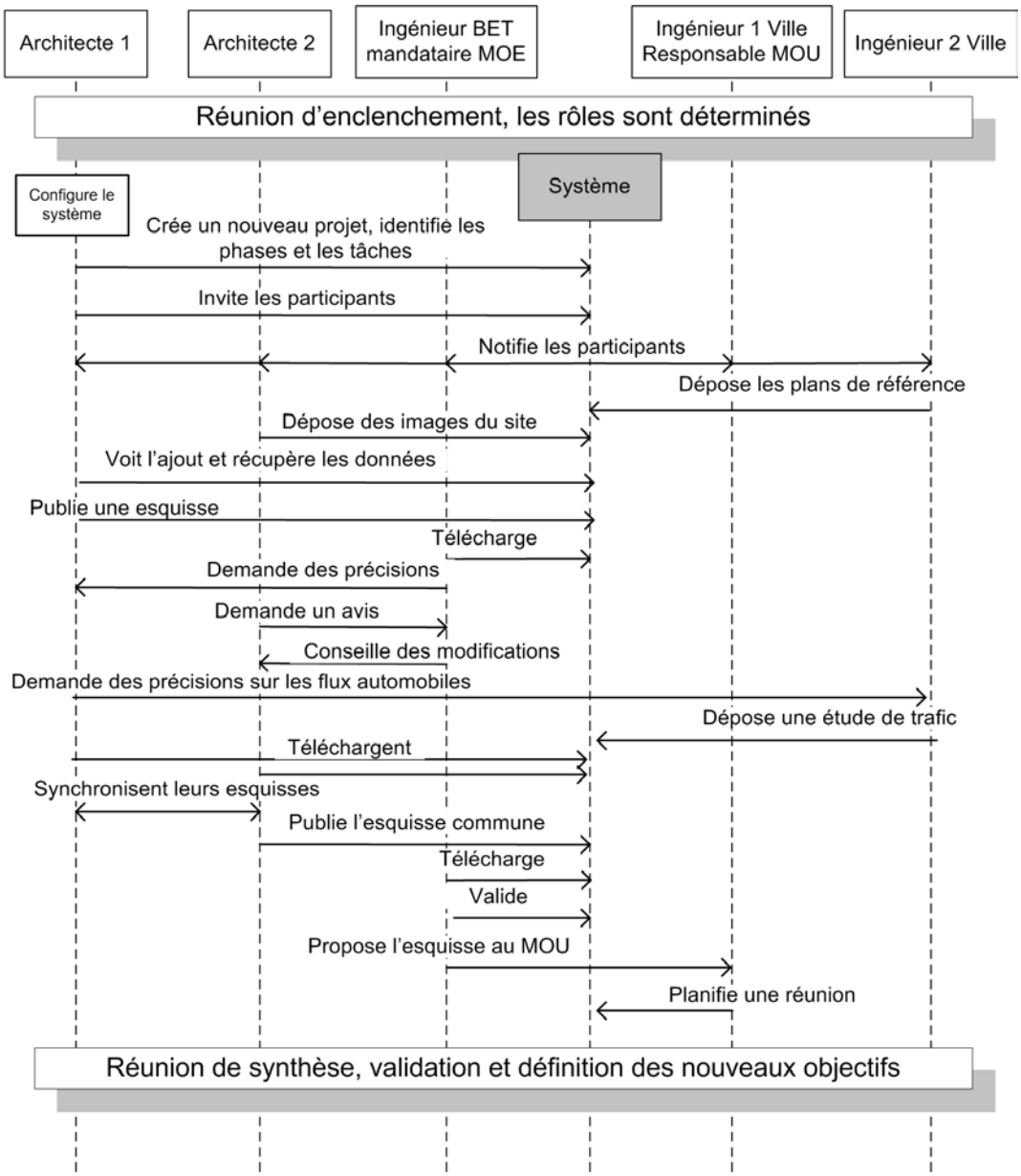


Figure 85 : Scénario utilisé pour la validation.

Le second architecte demande un avis au BET concernant la possibilité d'implanter des arbres sur la future place, il utilise pour cela une requête 'pour avis'. Le BET répond en proposant une solution technique et chiffre le coût de l'opération. Le déroulement détaillé de ce scénario, agrémenté de captures d'écran montrant l'interface de la plateforme Bat'Goup est présenté en

annexe p. 200. La répétition de ce scénario nous a permis de tester les différentes versions de notre plateforme pour faire évoluer l'interactivité de celle-ci.

7.3.3 - Évaluation par des utilisateurs

Au cours de nos diverses expérimentations, nous avons pu entrer en contact avec plusieurs agences d'architecture avec lesquelles nous sommes restés en relation tout au long de ce travail de thèse. La mise en situation que nous présentons ici a été effectuée par l'agence Square Architecture implantée à Nancy. Cette expérience n'aurait pas pu avoir lieu sans l'intérêt porté à notre travail par M. David Grandjean, architecte et responsable de cette agence. Très impliqué dans la démarche qualité et très ouvert à l'innovation, les remarques formulées par M. Grandjean ont été pour nous très utiles tout au long de ce travail. Du fait de ce rapport privilégié que nous avons entretenu avec ce groupe d'architectes, nous avons pu réaliser une mise en situation de notre plateforme sur un projet achevé depuis peu de temps. Nous avons choisi ce mode opératoire afin de bénéficier d'une mémoire suffisamment fraîche des participants au sujet du projet, sans pour autant être soumis aux contraintes d'une mise en situation sur un projet en cours de réalisation.

Le projet que nous avons utilisé pour cette mise en situation était l'extension du centre de ressources informatiques des URSSAF (CERTI) à Nancy. Ce projet correspond, en taille et en durée, à un projet moyen de maîtrise d'œuvre. L'agence Square étant le mandataire de ce projet, nous pouvions bénéficier de la plus grande connaissance possible sur les interactions ou les problèmes organisationnels rencontrés au cours de la réalisation de ce projet.

La mise en situation a été réalisée sous la forme d'un entretien avec les acteurs du projet. Dans un premier temps, nous avons représenté la structure des groupes prenant part à la conception du projet, puis nous avons défini les différentes phases du projet. Le projet se plaçant dans le cadre d'une commande publique, les phases sont réglées par la loi MOP. Au niveau des tâches nous avons représenté le mode opératoire utilisé par l'agence Square, le niveau de granularité de ces tâches a été défini par les utilisateurs eux-mêmes en fonction de leurs habitudes de travail. À titre d'exemple, les tâches appartenant à la phase d'esquisse étaient :

- La réalisation de fiches programmes, destinées à préciser les attentes du maître d'ouvrage en terme de surfaces et de prestations techniques ;
- La réalisation d'une esquisse architecturale sous la forme de perspectives représentant le projet ;
- La réalisation d'une esquisse fonctionnelle sous la forme de plans permettant de valider les surfaces et l'organisation des espaces.

Nous avons ensuite décrit les documents produits au cours des différentes phases, puis nous avons identifié les acteurs participant à chaque activité du projet. La Figure 86 présente une vue centrée sur le projet tel qu'il a été saisi au cours de cette mise en situation.

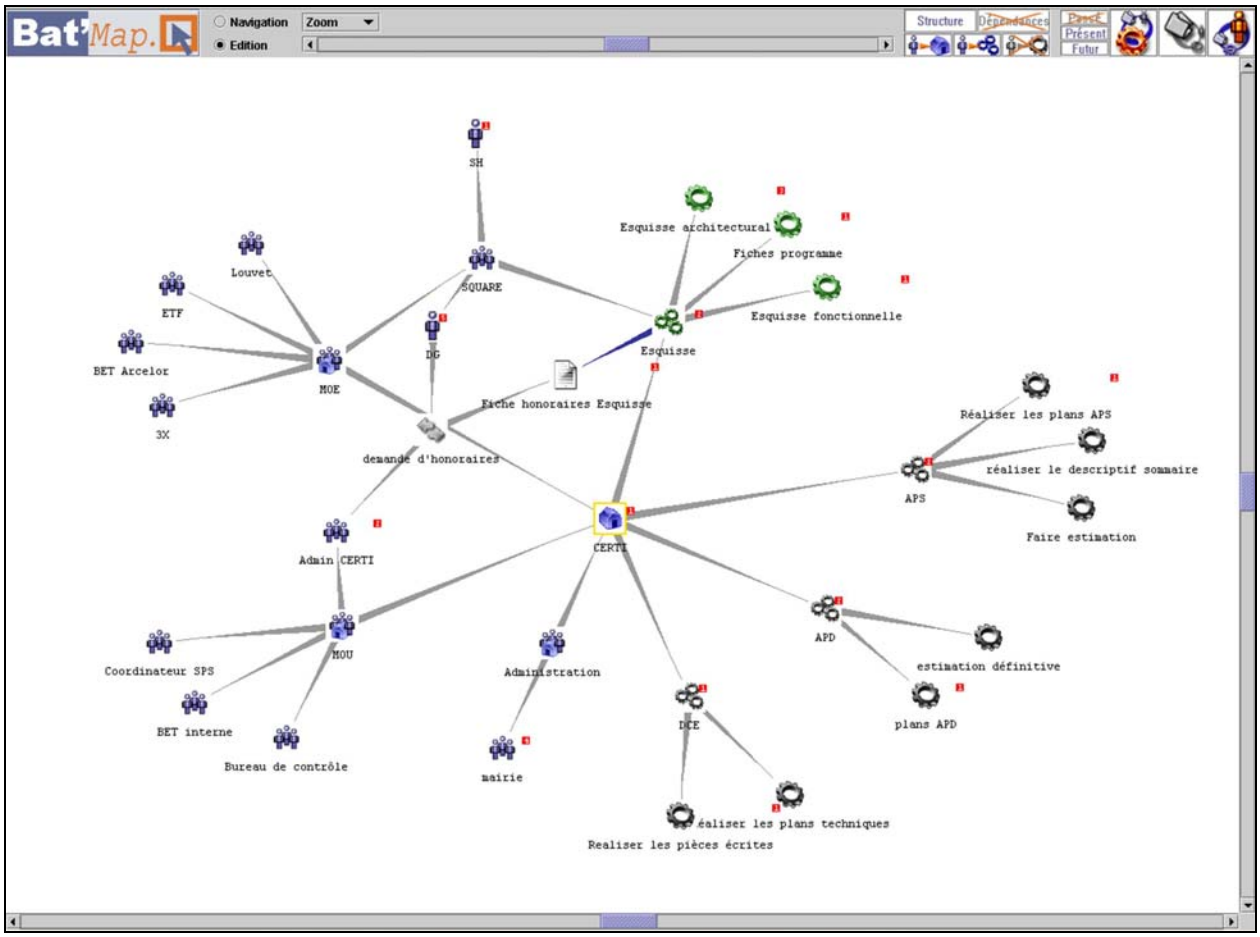


Figure 86 : Vue générale du contexte de projet.

Une fois le contexte représenté dans l'outil, nous avons reproduit des échanges en utilisant le système des requêtes, puis nous avons représenté des mises à jour de documents afin de tester les différents points de vue offerts par la visualisation adaptative implantée dans Bat'Map.

Une fois saisies dans l'outil, nous avons utilisé ces informations afin de vérifier l'interactivité proposée par notre démonstrateur. Nous avons proposé aux utilisateurs de parcourir le projet, puis nous avons cherché à déterminer si l'outil leur permettait de répondre à des questions du type : 'quels sont les événements qui ont conduit à la version actuelle de ce document ?', 'quels sont les acteurs participant à cette activité ?', 'qui a produit ce document ?', etc.

Les utilisateurs ont montré une bonne appropriation de l'outil et ont eu un apprentissage rapide du mode de fonctionnement de l'application Bat'Map. L'interface et le mode d'édition par 'glisser-déposer' permet de rendre les opérations d'édition (ajout de tâche, définition des rôles) plus intuitives. La durée limitée de cette expérience ne nous a pas permis de vérifier si l'outil proposé permettait aux acteurs de se coordonner plus efficacement, nous avons cependant pu remarquer que la représentation utilisée dans notre plateforme facilitait la prise de conscience du contexte de projet. Ces expérimentations furent informelles mais néanmoins, les utilisateurs nous ont rapporté que l'outil d'une part « *révélait la complexité du projet* » et d'autre part « *permettait*

de voir plus clairement les actions menées ». Ces remarques permettent d'imaginer que le mode de représentation ébauché dans la plateforme Bat'Map sera de nature à renforcer la prise de conscience du contexte d'action des acteurs participant à un projet.

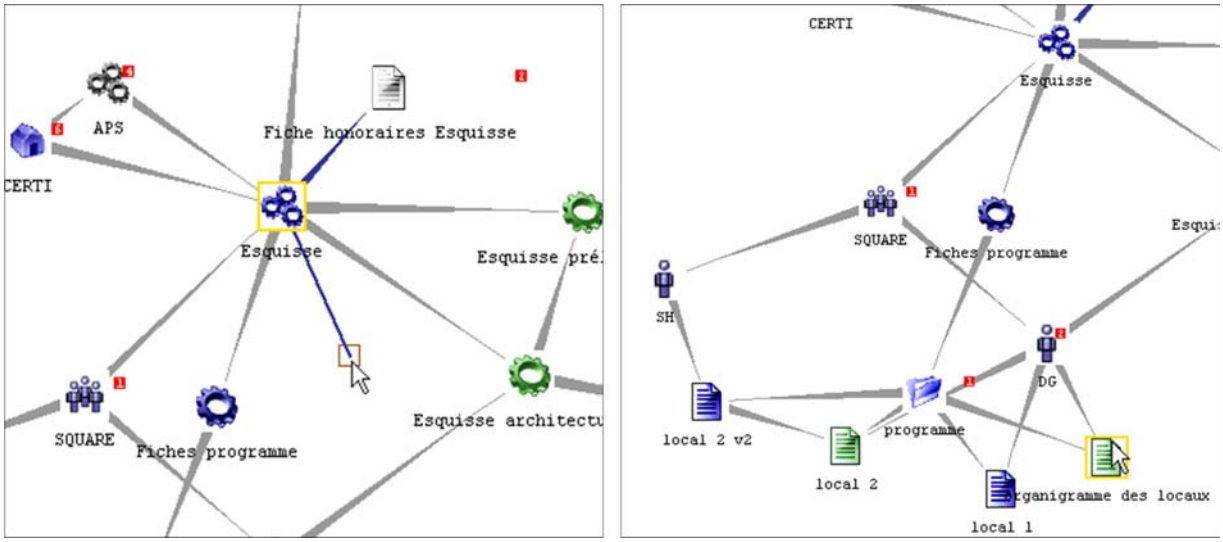


Figure 87 : Édition et parcours du projet par un utilisateur.

Les utilisateurs nous ont également fait quelques remarques concernant le mode de représentation utilisé dans Bat'Map, celles-ci portaient sur le choix de couleurs pour représenter les états des nœuds, certains utilisateurs auraient préféré disposer d'icônes spécifiques (une coche par exemple pour les activités terminées). D'autres demandes nous ont été formulées concernant le développement de nouvelles fonctionnalités permettant de réguler l'activité, par exemple : suspendre l'exécution d'une tâche ou fixer les priorités du jour. Ce type de demandes révèle un accueil positif de ce type de collecticiel par les acteurs que nous avons interrogés et laisse entrevoir des perspectives pour notre plateforme. Il sera désormais plus aisé de préparer une expérimentation en s'appuyant sur l'expérience accumulée au cours de cette thèse. Nous pouvons raisonnablement penser que cette mise en situation fut positive, même si les résultats dont nous faisons état ici doivent être confirmés par une expérimentation plus formelle.

7.4 - Conclusions tirées de ces expérimentations

L'utilisation de l'application de modélisation Ram3 nous a permis de vérifier la conformité de notre modèle avec les principes de l'architecture MOF. Nous pouvons par conséquent imaginer la possibilité de proposer des interfaces entre notre modèle et des modèles existant dans d'autres domaines. Par extension, il sera ainsi possible de rendre une plateforme logicielle utilisant le modèle que nous décrivons dans ce mémoire avec d'autres plateformes compatibles, ce qui permettra de favoriser l'application du collecticiel dans le champ des projets de bâtiment.

Nous avons ensuite vérifié la capacité de notre modèle à représenter un contexte réel de projet au travers d'exemples issus d'expérimentations menées au cours de ces trois années de recherche. Ceci contribue à valider notre modèle d'un point de vue théorique.

L'implémentation de ce modèle dans un démonstrateur utilisant un mode de visualisation adaptatif nous a permis de commencer à confronter nos hypothèses à la réalité de la conception. La mise en situation que nous avons réalisée nous a permis de vérifier que la visualisation interactive apporte une meilleure compréhension du contexte de projet. Ce mode de représentation permet de déterminer les relations entretenues par les objets mais peut rapidement devenir complexe à manipuler lorsque le projet grandit. Dans ce cas, une quantité conséquente de liens apparaissent et il devient indispensable de mettre en place des filtres permettant de simplifier la vue affichée. Le mode d'édition que nous avons proposé dans ce démonstrateur semble mieux convenir aux utilisateurs car il semble favoriser la compréhension du contexte de projet.

Conclusion

Nous avons étudié dans cette thèse plusieurs aspects du travail de groupe afin de concevoir un modèle capable de supporter les échanges d'acteurs en situation de conception. Les nombreux liens entretenus par notre laboratoire avec les professionnels du bâtiment nous ont permis de conserver un rapport constant au terrain d'application de nos réflexions. De plus, le fait de partager soi-même la culture des professions que nous proposons d'instrumenter facilita grandement l'instauration d'un dialogue entre utilisateurs potentiels et concepteurs d'un système.

Les expériences d'instrumentation d'activités de conception coopérative dans le secteur du bâtiment étant peu nombreuses, il nous a été indispensable de nous pencher sur la définition des caractéristiques des situations que nous désirions supporter, afin d'établir des parallèles avec des expériences appartenant à d'autres domaines que le notre.

La démarche que nous avons adoptée, nous a conduit à explorer des domaines conceptuels très différents, alliant sciences sociales, travail collaboratif assisté par ordinateur, interfaces homme-machine et expertise des pratiques d'échanges de notre cadre d'application. La question qui a guidé notre travail, au moins dans les premiers temps, était de comprendre pourquoi les collecticiels étaient si peu utilisés par les concepteurs, alors que l'offre logicielle était conséquente et qu'à priori, les pratiques de notre secteur étaient semblables à d'autres domaines utilisant couramment les collecticiels. Notre intuition nous laissait croire que les raisons de ce paradoxe n'étaient pas simplement dues à des facteurs culturels ou à un conservatisme exacerbé de la part des professionnels du secteur de la construction mais à des spécificités du secteur du bâtiment, comme le caractère 'non-routinier' des pratiques de conception. L'analyse des modes d'interaction existant au cours d'un projet architectural nous a permis d'isoler deux situations opposées en terme de coordination. L'étape de conception de l'ouvrage utilise majoritairement une coordination basée sur l'implicite et la prescription mutuelle alors que l'étape de réalisation est favorable à l'application de méthodes hiérarchisées, pouvant être héritées du domaine industriel. Cette analyse nous a permis de proposer un modèle de coopération orienté vers l'expression des relations apparaissant entre acteurs, activités et documents au cours d'un projet.

Notre attention s'est ensuite portée sur les outils et les méthodes permettant de supporter ce type d'interactions et nous avons constaté que les recherches dédiées au TCAO permettaient

d'identifier quatre espaces fonctionnels supportant les activités d'un groupe. La mise en correspondance de ces espaces avec les fonctionnalités proposées dans les collecticiels dédiés au domaine du bâtiment nous ont permis de remarquer que ces derniers étaient théoriquement adaptés à ce domaine. La raison de leur manque d'utilisation était donc d'un autre ordre. La capacité des acteurs à communiquer graphiquement nous à conduit à imaginer un mode de représentation des informations relatives au projet sous forme d'un hypermédia, à l'image des interfaces qui existent dans des outils de gestion de connaissance et de représentation d'arborescences non hiérarchiques.

Apport

L'apport de notre contribution résulte de l'approche pluridisciplinaire que nous avons adoptée tout au long de ces trois années de travail. Nous avons ainsi cherché à mettre en correspondance les connaissances que nous avons pu acquérir concernant le domaine de la conception d'ouvrages bâtis avec des travaux menés dans les domaines des sciences sociales et du TCAO.

D'un point de vue théorique, le modèle que nous proposons dans ce document permet de préciser les recherches entreprises par Olivier Malcurat dans sa thèse soutenue en 2001. Nos recherches se sont orientées vers la modélisation des interactions qui apparaissent entre les acteurs d'un projet d'ouvrage bâti, puis vers la spécification de solutions techniques permettant aux acteurs de s'abstraire du cadre hiérarchique proposé dans les collecticiels dont nous disposions. Notre recherche a permis d'une part de rationaliser la définition d'un collecticiel appliqué au domaine du bâtiment en nous rapprochant d'une typologie de modélisation standard (le MOF), et d'autre part de proposer un outil utilisant le système de coordination par requêtes qu'il avait spécifié.

D'un point de vue expérimental, la vision contextuelle que nous avons mise en œuvre dans le démonstrateur Bat'Map permettra de compléter les fonctionnalités 'd'awareness' existantes en favorisant l'observabilité des éléments constituant le cadre d'action d'un acteur impliqué dans un projet. La mise en place de ce démonstrateur au cours de projets réels permettra d'aborder une nouvelle étape dans la définition de collecticiels dédiés à la conception coopérative.

Limitations

Au cours de ce travail, nous avons dû faire face à plusieurs difficultés inhérentes au contexte dans lequel nous évoluons, les limitations dont nous faisons état ici en sont la conséquence directe.

La nature de cette thèse nous a conduit à explorer plusieurs domaines, tels que les sciences sociales ou les collecticiels afin d'établir des parallèles avec le secteur du bâtiment. Les difficultés que nous avons alors éprouvées ont été liées à la maîtrise puis, à la mise en relation de concepts appartenant à des univers très différents pour construire un ensemble cohérent. Au-delà de ces contraintes, la position que nous avons adoptée, au confluent de plusieurs sciences fut largement profitable en terme d'enseignements et d'échanges.

Un second écueil concerne la réalisation d'expérimentations dans le cadre de projets réels, le contexte de la construction ne permettant pas une mise en œuvre d'outils en cours de développement. Ceci est d'autant plus frustrant que nous avons toujours reçu un accueil très positif de la part des professionnels que nous avons rencontrés. La finalisation de la plateforme Bat'Map permettra probablement de réunir les conditions suffisantes en terme de fiabilité pour envisager une expérience à court ou moyen terme.

Perspectives

La problématique présentée dans cette thèse ouvre plusieurs perspectives de recherche concernant la création de modèles et d'applications dédiées au domaine de la conception coopérative.

En premier lieu, le modèle que nous avons décrit ici est focalisé sur la coordination des acteurs, il n'intègre donc pas la notion d'ouvrage au sens constructif. Dans notre modèle, les objets qui sont manipulés concernent les artéfacts de coordination échangés entre acteurs participant à des activités. Ces artéfacts correspondent à des visions projetées de l'ouvrage en cours de conception, ils ne constituent donc pas une vision en temps réel de la conception de l'ouvrage. Lors du passage à la maquette numérique partagée, il sera possible de prévoir des passerelles entre notre modèle et des modèles orientés vers la description des ouvrages, à l'image de ce qui existe dans les IFC. L'approche par méta-modèle permettra d'aborder cette transition.

Sur le plan technique, le démonstrateur que nous possédons permet de présenter notre approche de la visualisation adaptative appliquée au domaine du travail coopératif. Il sera donc souhaitable d'entreprendre un travail de développement en intégrant des technologies plus efficaces. Ces évolutions pourraient être de remplacer l'utilisation de JavaBeans et de servlet par l'adoption d'une architecture basée sur les 'services web', permettant de simplifier les développements ultérieurs et d'accélérer la communication entre les couches logiques (base de données, couche métier, couche présentation). De même, il serait utile de reprendre le développement de l'application Java permettant de visualiser le contexte de projet en intégrant la notion d'objet nœuds et d'objet liens au niveau conceptuel afin de permettre la différenciation au niveau du modèle de l'outil entre objets uniques et objets groupés (individu et groupe par exemple). Cette différentiation permettra de faciliter la création de filtres dont le fonctionnement est perfectible dans la version actuelle.

Sur le plan de l'interface, il sera souhaitable d'entreprendre une analyse poussée des filtres et des artéfacts utiles lors du déroulement d'un projet. Dans la version actuelle de l'application, nous avons choisi de ne pas préjuger de l'utilisation de notre application en proposant des filtres sur l'ensemble des entités présentées dans l'interface. Dans la version actuelle, nous sommes capables de proposer une vue précise du contexte de projet, il serait maintenant utile d'explorer la définition de nouveaux types de relations, déduites des éléments dont nous disposons, et qui permettraient de proposer à l'utilisateur des vues résumées.

Conclusion générale

Le modèle que nous avons présenté dans ce document permet de représenter le contexte d'un projet en se focalisant sur l'expression des relations tissées entre les acteurs, les activités auxquelles ils participent et les documents qu'ils produisent. L'approche par méta-modèle que nous avons employée pour la création de ce modèle semble être suffisamment flexible pour permettre des évolutions et des développements dans d'autres domaines que le bâtiment. L'étude de la théorie de l'activité et des processus sociaux apparaissant au cours des projets de bâtiment pourront également être transposés et vérifiés dans d'autres domaines. Enfin, la réalisation d'un démonstrateur implémentant ce modèle nous a permis d'en proposer une validation sur le plan conceptuel. La représentation adaptative semble offrir aux utilisateurs une meilleure vision de leur contexte de projet. Cependant, une validation scientifique ne peut se faire sans la mise en place d'un protocole expérimental demandant de nombreux efforts de développement et de spécification. Les développements donnés à ce projet permettront certainement d'y remédier.

Liste des références bibliographiques

[AFITEP 1996] AFITEP: 1996, Dictionnaire de management de projet. AFNOR. 3e édition. Paris. (Association Française des Ingénieurs Techniciens d'Estimation de Planification et de Projet)

[AFITEP 2000] AFITEP: 2000, Le management de projet, principes et pratique. AFNOR. 2e édition. Paris.

[Alexander 1971] C. Alexander: 1971, De la synthèse à la forme. Editions Dunod. Paris.

[André et Vailly 2001] P. André, A. Vailly: 2001, Conception des systèmes d'information, panorama des méthodes et des techniques. Ellipses. Paris.

[André 2001] V. André: 2001, Etude d'un outil d'aide à la coopération adapté au domaine du bâtiment. Mémoire de DEA, Spécialité modélisation et simulation des espaces bâtis. Université Henri Poincaré, Nancy.

[André et Peupion 2002] V. André, A. Peupion: 2002, Activité coopérative dans un projet d'architecture : assistance à la conception d'une place urbaine à Nancy par un outil informatique. Mémoire de TPFE, Ecole d'Architecture de Nancy.

[Andreassen 2000] E. F. Andreassen: 2000, Evaluating how students organise their work in a collaborative telelearning scenario: An Activity Theoretical Perspective. Thèse de doctorat, Department of Information Science, University of Bergen. http://www.ifi.uib.no/docta/dissertations/andreassen/index.htm

[Anzieu et Martin 1994] D. Anzieu, J. Y. Martin: 1994, La dynamique des groupes restreints. *Collection le psychologue*. Presses Universitaires de France. 10e édition.

[Armand et Raffestin 1997] J. Armand, Y. Raffestin: 1997, 140 séquences pour mener une opération de construction. *Collection Méthodes*. Le moniteur. Paris.

[Bannon 1991] L. J. Bannon: 1991, From human factors to human actors: The role of psychology and human-computer interaction studies in system design. *in* L. Erlbaum (eds), *Design at work: Cooperative Design of Computer Systems*. pp. 25-44. Hillsdale NJ.

[Bannon et Schmidt 1989] L. J. Bannon, K. Schmidt: 1989, CSCW: Four Characters in Search of a Context. Actes de la conférence European Conference on Computer Supported Cooperative Work (ECSCW '89). pp. 358-372. London.

[Bardram 1997] J. E. Bardram: 1997, Plans as Situated Action: an Activity Theory Approach to Workflow Systems. Actes de la conférence European Conference on Computer Supported Cooperative Work (ECSCW'97). pp. 17-32. ?? http://citeseer.nj.nec.com/bardram97plans.html

[Bardram 1998] J. E. Bardram: 1998, Designing for the Dynamics of Cooperative Work Activities. Actes de la conférence Conference on Computer-Supported Cooperative Work, CSCW'98. pp. 89-98. Seattle. ACM.

[Berg 1997] M. Berg: 1997, On Distribution, Drift and the Electronic Medical Record: Some Tools for a Sociology of the Formal. Actes de la conférence Fifth

European Conference on Computer-Supported Cooperative Work, ECSCW'97. pp. 141-156. Lancaster, U.K. Kluwer.

[Bertin 1967] J. Bertin: 1967, La sémiologie graphique : les diagrammes, les réseaux et les cartes. Gauthier Villars. Paris. 431 pages.

[Bézivin *et al.* 1999] J. Bézivin, J. P. Bouchet, E. Breton: 1999, Correspondance Structurelle entre produits et procédés : un pattern classique, analysé avec des méta-modèles explicites. Actes de la conférence séminaire du Groupe de Travail en Acquisition et Ingénierie des Connaissances (GRACQ). Paris, LIP6. http://www.sciences.univ-nantes.fr/info/lrsg/Pages_perso/Publications/gracq.pdf

[Bignon *et al.* 1998] J. C. Bignon, G. Halin, O. Malcurat, K. Benali, C. Godart: 1998, Evolution de la maîtrise d'œuvre, pratiques coopératives et informatique répartie. Actes de la conférence mieux produire ensemble, Plan Construction et architecture. Nancy.

[Bisseret *et al.* 1988] A. Bisseret, C. Figeac-Létang, P. Falzon: 1988, Modélisation de raisonnements opportunistes: l'activité des spécialistes de régulation des carrefours à feux. *in Psychologie Française, numéro spécial "psychologie de l'expertise"*. numéro 33. pp. 161-169.

[Blanchet et Trognon 1994] A. Blanchet, A. Trognon: 1994, la psychologie des groupes. Nathan. Paris.

[Bobroff *et al.* 1993] J. Bobroff, C. Caro, C. Divry, C. Midler: 1993, Les formes d'organisation des projets. *in* V. Giard, C. Midler (eds), *ECOSIP. Pilotage de projets et entreprise, diversités et convergences*. pp. 35-79. Paris. Economica.

[Bogia et Kaplan 1995] D. P. Bogia, S. M. Kaplan: 1995, Flexibility an Control for Dynamic Workflows in the wOrls Environment. Actes de la conférence Conference on Organisational Computing Systems. Milpitas, Californie.

[Bonnardel 1991] N. Bonnardel: 1991, L'évaluation et la sélection de solutions dans la résolution de problèmes de conception. Rocquencourt (Rapport de recherche 1531), Institut National de Recherche en Informatique et Automatique.

[Bourguin 2000] G. Bourguin: 2000, un support informatique à l'activité coopérative fondé sur la théorie de l'Activité : le projet DARE. Thèse de doctorat, Université de technologie de Lille.

[Boutinet 2001] J. P. Boutinet: 2001, Anthropologie du projet. Presses Universitaires de France. 6eme édition. Paris.

[Bratteteig et Gregory 2001] T. Bratteteig, J. Gregory: 2001, Understanding design. Actes de la conférence 24th Information Systems Research Seminar in Scandinavia. University of Bergen.

[Breton 2002] E. Breton: 2002, Contribution à la représentation de processus par des techniques de méta-modélisation. Thèse de doctorat, Spécialité Automatique et Informatique Aplliquée. Université de Nantes.

[Bruley 1999] C. Bruley: 1999, Analyse des représentations graphiques de 'information - extension aux représentations tridimentionnelles. Thèse de doctorat, spécialité informatique. Université J. Fourier.

[Brusilovsky 1996] P. Brusilovsky: 1996, Methods and Techniques of adaptive hypermedia. *in User modelling and User-Adapted Interaction*. vol. 2-3. numéro 6. pp. 87-129.

[Brusilovsky 2001] P. Brusilovsky: 2001, Adaptive hypermedia. *in User modelling and User-Adapted Interaction*. vol. 11. pp. 87-110.

[Carstensen et Schmidt 2002] P. H. Carstensen, K. Schmidt: 2002, Computer supported cooperative work: New challenges to systems design. *in* K. Itoh (eds), *Handbook of Human Factors*. Tokyo.

[Carstensen et Sørensen 1996] P. H. Carstensen, C. Sørensen: 1996, From the Social to the Systematic. Mechanisms Supporting Coordination in Design. *in Computer Supported Cooperative Work: The Journal of Collaborative Computing*. vol. 5. numéro 4. pp. 387-413.

[Cavallini et Raffestin 1988] C. Cavallini, Y. Raffestin: 1988, Le guide de la construction, les hommes, les moyens, les méthodes. Le Moniteur. 3e édition. Paris.

[Chasseur 2002] H. Chasseur: 2002, Visualisation interactive par un graphe hypermédia des relations entre acteurs, activités et documents au cours de la conception d'un bâtiment. Mémoire de DEA, Spécialité modélisation et simulation des espaces bâtis. Université Henri Poincaré, Nancy.

[Chasseur *et al.* 2003] H. Chasseur, A. Guerriero, D. Hanser, G. Halin, J. C. Bignon: 2003, Hypermédia adaptatif pour la visualisation d'un projet coopératif architectural. Actes de la conférence H2PTM'03 Hypertext et hypermédia. Paris.

[Clark *et al.* 1998] Clark, Hayes, Wheelwright: 1998, dynamic manufacturing ; creating the learning organization. the free press. New York.

[Cole et Engeström 1993] M. Cole, Y. Engeström: 1993, A Cultural-Historical Approach to Distributed Cognition. *in* G. Salomon (eds), *Distributed Cognitions, Psychological and Educational Considerations*. Cambridge. Cambridge University Press.

[Cole et Scribner 1978] M. Cole, S. Scribner: 1978, Introduction in L.S. Vygotsky. *in* M. Cole, V. J. Steiner, S. Scribner, E. Souberman (eds), *Mind in society : the development of higher psychological processes*. pp. 1-14. Cambridge. Harvard University Press.

[Cole et Wertsch 1996] M. Cole, J. V. Wertsch: 1996, Beyond the Individual-Social Antimony in Discussions of Piaget and Vygotsky. Department of Psychology, Massey University , New Zealand http://www.massey.ac.nz/~alock/virtual/colevyg.htm. Page visitée le 20-08 2003.

[Conan 1990] M. Conan: 1990, Concevoir un projet d'architecture. Editions L'Harmattan.

[Conklin 1992] E. J. Conklin: 1992, Capturing Organizational memory. Actes de la conférence Groupware'92.

[Cross et Cross 1995] N. Cross, A. C. Cross: 1995, Observations of team work and social processes in design. *in Design Studies*. numéro 16. pp. 143-170.

[Cruchant 1993] L. Cruchant: 1993, La qualité. Presses universitaires de france. Paris.

[Curtis *et al.* 1992] B. Curtis, M. Kellner, J. Over: 1992, Process modelling. *in Communication of the ACM 35*. Cité dans [Breton 2002] p. 45.

[d'A 2000] d'A: 2000, La loi MOP mode d'emploi, numéro hors série du magasine "d'architectures". SEA éditions. Paris.

[Darses et Falzon 1996] F. Darses, P. Falzon: 1996, La conception collective : une approche de l'ergonomie cognitive. *in* G. de Tressac, E. Friedberg (eds), *Coopération et conception*. pp. 123-135. Toulouse. Editions Octares.

[Davenport 1993] T. H. Davenport: 1993, process innovation. Harvard business school press. Boston.

[David 2001] B. David: 2001, IHM pour les collecticiels. *in réseaux et systèmes répartis*. pp. 169-206. Paris. Hermès.

[Davydov et Radzikhovskii 1985] V. V. Davydov, L. A. Radzikhovskii: 1985, Vygotsky's theory and the activity oriented approach in psychology. *in* J. V. Wertsch (eds), *Culture, communication, and cognition: Vygotskian perspectives*. Cambridge University Press.

[Davydov *et al.* 1983] V. V. Davydov, V. P. Zinchenko, N. F. Talyzina: 1983, The problem of activity in the works of A. N. Leont'ev. *in Soviet Psychology*. vol. 4. numéro 21. pp. 31-42.

[Debaveye *et al.* 1998] H. Debaveye, F. Pellegrin, J.-J. Terrin: 1998, 10 outils pour la qualité dans le bâtiment. *Collection méthodes*. Le Moniteur. Paris.

[Decortis *et al.* 1996] F. Decortis, S. Noirfalise, B. Saudelli: 1996, Activity theory as a framework for cooperative work. Déliverables du projet européen : Technologies for Complex Work Setting (COTCOS) http://www-sv.cict.fr/cotcos/pjs/TheoreticalApproaches/Actvity/ActivitypaperDecortis.htm. Page visitée le 20-08 2003.

[Delay et Pichot 1967] J. Delay, P. Pichot: 1967, Abrégé de psychologie. Masson & Cie. Troisième édition. cité dans [Sire 2000] p. 8.

[Deming 1986] W. E. Deming: 1986, out of the crisis. the Massachussetts Institute of Technology.

[Démoweb 2002] Démoweb: 2002, *in Urb'AO*. numéro 6. pp. 19-26.

[Denning 1994] P. Denning: 1994, The Fifteenth Level. Actes de la conférence ACM SIGMETRICS Conference on Measurement & Modeling of Computer Systems.

[Dorst 1996] K. Dorst: 1996, The design problem and its structure. *in* N. Cross, H. Christiaans, K. Dorst (eds), *Analysing Design Activity*. pp. 17-34. Chichester. Wiley.

[Dourish *et al.* 1999] P. Dourish, K. Edwards, A. LaMarca, M. Salisbury: 1999, Presto: An Experimental Architecture for Fluid Interactive Document Spaces. *in ACM Transactions on Computer-Human Interaction*. vol. 2. numéro 6. pp. 133-161.

[Dourish *et al.* 1996] P. Dourish, J. Holmes, A. MacLean, A. Maqvardsen, A. Zbyslaw: 1996, Freeflow: Mediating Between Representation and Action in Workflow Systems. Actes de la conférence ACM conference on Computer Supported Collaborative Work CSCW'96. pp. 107-114. Cambridge.

[Dunyach et Moore 2001] J. C. Dunyach, R. Moore: 2001, La démarche Concurrent Enginiering dans un contexte Européen d'entreprise étendue pour le secteur Aéronautique - Le projet ENHANCE. Actes de la conférence MICAD 2001. pp. 271-286. Paris.

[Ellis et Wainer 1994] C. Ellis, J. Wainer: 1994, A conceptual model of groupware. Actes de la conférence CSCW'94. pp. 79-88. Chapel Hill, NC.

[Engelbart 1992] D. C. Engelbart: 1992, Toward high-performance organizations: a strategic role of groupware. Actes de la conférence CSCW'92.

[Engeström 1990] Y. Engeström: 1990, Learning by expanding. Orienta-konsultit. Helsinki.

[Engeström 1991] Y. Engeström: 1991, Acticity theory and individual and social transformation. *in Multidisciplinary Newsletter for Activity Theory*. vol. 7. numéro 8. pp. 6-17.

[Fénelon 1981] J. P. Fénelon: 1981, Qu'est ce que l'analyse des données ? Lefonen.

[Fernandez 2002] P. Fernandez: 2002, Approches méthodologiques et modes opératoires dans le processus de conception architecturale. *in* M. Borillo, J. P. Goulette (eds), *Cognition et création. Explorations cognitives des processus de conception*. Mardaga.

[Ferraris et Martel 2000] C. Ferraris, C. Martel: 2000, Regulation in Groupware: the Example of a Collaborative Drawing Tool for Young Children. Actes de la conférence 6th International Workshop on Groupware (CRIWG 2000). pp. 119-127. Madeira, Portugal.

[Galperine 1966] P. Galperine: 1966, Essais sur la formation par étapes des actions et des concepts. *in* A. Leontiev, A. Luria, A. Spirnov (eds), *Recherches psychologiques en U.R.S.S.* pp. 114-132. Moscou. Edition du progrès.

[Gamma *et al.* 1994] R. Gamma, R. Helm, Johnson, J. Vlissides: 1994, Design Patterns: Abstractions and Reuse of Object-Oriented Software. Addison-Wesley.

[Gero et McNeill 1988] J. S. Gero, T. McNeill: 1988, An approach to the analysis of design protocols. *in Design Studies*. numéro 19. pp. 17-34.

[Giddens 1990] A. Giddens: 1990, La théorie de la structuration. Presses Universitaires de France. Paris.

[Gimpel 1969] J. Gimpel: 1969, Les batisseurs des cathédrales. Seuil. Paris.

[Ginsburg et Kambil 1999] M. Ginsburg, A. Kambil: 1999, Annotate: A Web-based Knowledge Management Support System for Document Collections. Actes de la conférence HICSS-32.

[Girin 1996] J. Girin: 1996, Les agencements organisationnels. *in* F. Charue (eds), *Les savoirs en action*. Paris. L'Harmattan.

[Godart *et al.* 2001] C. Godart, G. Halin, J. C. Bignon, C. Bouthier, O. Malcurat, P. Molli, : , , pp . 2001, Implicit or Explicit Coordination of Virtual Teams in Building Design. Actes de la conférence CAADRIA 2001 (Computer-Aided Architectural Design Research in Asia). pp. 429-434. Sydney, Australia.

[Grégori et Brassac 2001] N. Grégori, C. Brassac: 2001, La conception collaborative d'artefacts. Activités cognitives en situation dialogique. Actes de la conférence ÉPIQUE 2001, Journées d'étude en Psychologie ergonomique. pp. 21-31. Nantes.

[Grudin et Poltrock 1994] J. Grudin, S. Poltrock: 1994, Computer-Supported Cooperative Work and Groupware. Actes de la conférence CHI'94. pp. 355-356.

[Guerriero 2002] A. Guerriero: 2002, Étude de la coordination dans la coopération entre acteurs au cours de la conception d'un bâtiment. Mémoire de DEA, Spécialité modélisation et simulation des espaces bâtis. Université Henri Poincaré, Nancy.

[Halasz et Schwarz 1994] F. Halasz, M. Schwarz: 1994, The Dexter Hypertext Reference Model. *in Communications of the ACM*. vol. 2. numéro 37. pp. 30-39.

[Hammer et Champy 1993] M. Hammer, J. Champy: 1993, Reengineering the Corporation, a Manifesto for Business Revolution. Harper Collins. New-York.

[Hanser *et al.* 2001] D. Hanser, G. Halin, J. C. Bignon: 2001, Relation Based groupware for heterogeneous design teams. Actes de la conférence Education in Computer Aided Architectural Design in Europe. pp. 86-91. Helsinki.

[Hanseth et Monteiro 1997] O. Hanseth, E. Monteiro: 1997, Inscribing Behaviour in Information Infrastructure Standards. *in Accounting, Management & Information Technology*. vol. 7. numéro 4. pp. 183-211.

[Hascöet et Beaudoin-Lafon 2001] M. Hascöet, M. Beaudoin-Lafon: 2001, Visualisation interactive d'information. *in Information - interaction - Intelligence*. vol. 1. numéro 1.

[Hatchuel 1996] A. Hatchuel: 1996, Coopération et conception collective, variété et crises des rapports de prescription. *in* G. de Tressac, E. Friedberg (eds), *Coopération et conception*. pp. 101-121. Toulouse. Editions Octares.

[Herman *et al.* 2000] I. Herman, G. Malançon, S. Marshall: 2000, Graph Visualization and Navigation in Information Visualization : a Survey. *in IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*. vol. 6. pp. 24-43.

[Hoogstoel 1995] F. Hoogstoel: 1995, Une approche organisationnelle du travail coopératif assisté par ordinateur. Application au projet co-learn. Thèse de doctorat, Université des Sciences et Tehnologies de Lille. 348 pages.

[Indrusiak *et al.* 2001] L. S. Indrusiak, J. Becker, M. Glesner, R. Reis: 2001, Distributed Collaborative Design over Cave2 Framework. Actes de la conférence 11th IFIP International Conference on Very Large Integration. Montpellier.

[Itten 1971] J. Itten: 1971, Art de la couleur:approche subjective et description objective de l'art. Paris. 154 pages.

[Jeantet *et al.* 1996] A. Jeantet, H. Tiger, D. Vinck, S. Tichkiewitch: 1996, La coordination par les objets dans les équipes de conception. *in* G. de Tressac, E. Friedberg (eds), *Coopération et conception*. pp. 87-100. Toulouse. Editions Octares. (Cité par OM p. 43)

[Johansen 1988] R. Johansen: 1988, Groupware: Computer Support for Business Teams. The Free Press. New York.

[Jouini et Midler 1996] S. Jouini, C. Midler: 1996, L'ingénierie concourante dans le bâtiment. *in synthèse des travaux du GREMAP*. Paris. plan urbanisme, construction et architecture, recherche n°75.

[Karsenty 1994] A. Karsenty: 1994, GroupDesign : un collecticiel synchrone pour l'edition partagee de documents. Thèse de doctorat, LRI. Université de Paris-Sud, Orsay.

[Kuutti 1991] K. Kuutti: 1991, The Concept of Activity as a Basic Unit of Analysis for CSCW Research. Actes de la conférence 2nd European Conference on Computer-Supported Cooperative Work, ECSCW'91. pp. 249-264. Amsterdam. Kluwer.

[Kuutti 1996] K. Kuutti: 1996, Activity theory as a potential framework for human-computer interaction. *in* B. A. Nardi (eds), *Context and consciousness: activity theory and human-computer interaction*. pp. 17-45. Cambridge and London. MIT Press.

[Kuutti et Arvonen 1992] K. Kuutti, T. Arvonen: 1992, Identifying potential CSCW applications by means of activity theory concepts: a case example. Actes de la conférence ACM conference on Computer-supported cooperative work. pp. 233 - 240. Toronto.

[Kvan 2000] T. Kvan: 2000, Collaborative design : what is it ? *in Automation in construction*. vol. 9. pp. 409-415.

[Kvan *et al.* 1997] T. Kvan, R. West, A. Vera: 1997, Tools for a virtual design community. *in* M. L. Maher, J. S. Gero, F. Sudweeks (eds), *Preprints Formal aspects of collaborative CAD*. pp. 109-123. Sydney. Key Centre of Design Computing, Department of Architectural and Designing Science, University of Sydney.

[Le Pallec 2002] X. Le Pallec: 2002, Des services d'adaptation de modèles pour la coopération de méta-systèmes : application aux groupware flexibles. Thèse de doctorat, Université des Sciences et Tehnologies de Lille.

[Lemesle 2000] R. Lemesle: 2000, Techniques de Modélisation et de Méta-modélisation. Thèse de doctorat, Spécialité Automatique et Informatique Aplliquée. Ecole Centrale de Nantes.

[Leontiev 1978] A. N. Leontiev: 1978, Activity, Consciousness and Personality. Prentice Hall.

[Leontiev 1981] A. N. Leontiev: 1981, The problem of activity in psychology. *in* J. V. Wertsch (eds), *The concept of activity in Soviet psychology*. New York. Sharpe.

[Lissargue 1975] J. Lissargue: 1975, Qu'est ce qu le PERT ? Bordas. Paris.

[Lonchamp 1998] J. Lonchamp: 1998, Process model pattern for collaborative work. Actes de la conférence 15th IFIP World Computer Congress on Telecooperation Conference, Telecoop'98. Vienne, Autriche.

[Lonchamp et Denis 1997] J. Lonchamp, B. Denis: 1997, Fine-Grained Proches Modelling for Collaborative Work Support : Experiences with CPCE. Actes de la conférence 7th Euro Conference on DSS, Groupware, Multimedia. Bruges, Belgique.

[Maher *et al.* 1998] M. L. Maher, A. Cicognani, S. J. Simoff: 1998, An experimental study of computer mediated collaborative design. *in Int. J. Des. Comput.* vol. 06. numéro 1. [http://www.arch.usyd.edu.au/kcdc/cmcd/paper],

[Malcurat 2001] O. Malcurat: 2001, Spécification d'un environnement logiciel d'assistance au travail coopératif dans le secteur de l'architecture et du BTP. Thèse de doctorat, Sciences pour l'architecture. Institut National Polytechnique de Lorraine. 153 pages.

[Malcurat *et al.* 2000] O. Malcurat, J. C. Bignon, G. Halin: 2000, Improving collaboration in Small Scale Projects. Actes de la conférence 8th International Conference on Computing in Civil & Building Engineering. Vol. 1. pp. 488-495. Standford.

[Malone et Crowston 1994] T. Malone, K. Crowston: 1994, The interdisciplinary study of coordination. *in ACM computing survey*. vol. 1. numéro 26.

[Malone *et al.* 1993] T. Malone, K. Crowston, J. Lee, B. Pentland: 1993, Tools for inventing organizations : Towards a handbook of organisationnal processes. MIT center for coordination science.

[Mark *et al.* 1997] G. Mark, J. Haake, N. Streitz: 1997, Hypermedia Use in Group Work: Changing the Product, Process, and Strategy. *in Computer Supported Cooperative Work: The Journal of Collaborative Computing*. numéro 6. pp. 327-368.

[Mezura-Godoy et Talbot 2001a] C. Mezura-Godoy, S. Talbot: 2001a, Towards Social Regulation in Computer-Supported Collaborative Work. Actes de la conférence 7th International Workshop on Groupware (CRIWG 2001). pp. 84-89. Darmstadt, Germany.

[Mezura-Godoy et Talbot 2001b] C. Mezura-Godoy, S. Talbot: 2001b, Vers une infrastructure pour le support de la régulation dans le travail collaboratif assisté par l'ordinateur. Actes de la conférence Interaction Hommes Machines (IHM 2001). pp. 175-178. Lille.

[Michinov 2001] N. Michinov: 2001, Technologies distribuées et cognition socialement partagée : contribution psychosociale pour le travail coopératif assisté par ordinateur. Actes de la conférence 10e Atelier du Travail Humain modéliser les activités coopératives de conception. INRIA, Paris.

[Midler 1993a] C. Midler: 1993a, Gestion de projet, l'entreprise en question. *in* V. Giard, C. Midler (eds), *Pilotage de projet et entreprises*. pp. 17-31. Paris. Economica.

[Midler 1993b] C. Midler: 1993b, L'auto qui n'existait pas. Interéditions. Paris.

[Midler 1996] C. Midler: 1996, Modèles gestionnaires et régulation économique de la conception. *in* G. de Tressac, E. Friedberg (eds), *Coopération et conception*. pp. 63-85. Toulouse. Editions Octares.

[Negroponte 1995] N. Negroponte: 1995, L'Homme numérique. Robert Laffont. PAris. 296 pages. Cité dans [Malcurat 2001 p. 136]

[OMG 2002] OMG: 2002, XML Metadata Interchage (XMI) v 1.2. http://www.omg.org/technology/documents/formal/xmi.htm. Page visitée le 15-08 2003.

[Orlikowski 1992] W. J. Orlikowski: 1992, The duality of technology: rethinking the concept of technology in organizations. *in Organization Science*. vol. 3. numéro 3. pp. 398-427.

[Paulus 2000] P. B. Paulus: 2000, Groups, teams and creativity: the creative potential of idea-generating groups. *in Applied Psychology: An international review*. vol. 2. numéro 49. pp. 237-262.

[Peupion 2001] A. Peupion: 2001, Etude d'un outil d'aide à la coopération adapté au domaine du bâtiment. Mémoire de DEA, Spécialité modélisation et simulation des espaces bâtis. Université Henri Poincaré, Nancy.

[Quarante 2001] D. Quarante: 2001, éléments de design industriel. Economica. 3e édition. Paris.

[Rein et Ellis 1991] G. L. Rein, C. Ellis: 1991, rIBIS: A Real-time Group Hypertext System. *in international Journal of Man-Machine Studies*. vol. I. numéro 24. pp. 349-367.

[Reitman 1965] W. Reitman: 1965, Cognition and trought. Wiley. New-York.

[Reynaud 1992] B. Reynaud: 1992, Le salaire, la règle et le marché. Christian bourgeois. Paris.

[Robert 2001] L. Robert: 2001, Annotation et visualisation interactives de documents hypermédias. Thèse de doctorat, spécialité informatique. Ecole nationale supérieure des télécommunications. 220 pages.

[Robinson 1991] M. Robinson: 1991, Computer supported cooperative work : cases and concepts. Actes de la conférence Groupware'91, The potential of team and organisational computing,. Utrecht, Pays-Bas.

[Rochas et Dusart 1996] M. Rochas, G. Dusart: 1996, Application des outils de partage de l'information dans la construction. EDI Construct, étude réalisée avec le soutien du Plan Construction et Architecture.

[Rodden 1991] T. Rodden: 1991, A survey of CSCW Systems. *in Interacting with Computers*. vol. 3. numéro 3. Butterworth-Heinemann

[Saadoun 1996] M. Saadoun: 1996, Le projet Groupware. Des techniques de management au choix du logiciel groupware. Eyrolles. Paris.

[Saadoun 2000] M. Saadoun: 2000, Technologies de l'information et management. Hermès. Paris.

[Salber *et al.* 1995] D. Salber, J. Coutaz, D. Découchant, 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*. pp. 27-34. Toulouse. Cépaduès.

[Salembier 1996] P. Salembier: 1996, Cognition(s) : Située, Distribuée, Socialement partagée, etc... *in Bulletin de l'ENS, Paris*.

[Salembier *et al.* 2001] P. Salembier, J. Theureau, M. Zouinar, P. Vermersch: 2001, Action/Cognition située et assistance à la coopération. Actes de la conférence Ingénierie des connaissances 2001. Grenoble.

[Salvador *et al.* 1995] T. Salvador, J. Scholtz, J. Larson: 1995, The Denver Model for Groupware Design. *in SIGCHI Bulletin*. numéro 28. pp. 52-58.

[Scapin 1986] D. Scapin: 1986, Guide ergonomique de conception des interfaces homme-ordinateur, rapport technique n°77. Institu National de Recherche en Informatique et Automatique. Roquencourt. 48 pages.

[Scheepers et Damsgaard 1997] R. Scheepers, J. Damsgaard: 1997, Using Internet Technology Within the Organization: A Structurational Analysis of Intranets. Actes de la conférence International ACM SIGGROUP Conference on Supporting Group Work, GROUP'97. pp. 9-18. ACM.

[Schmidt 1994] K. Schmidt: 1994, Cooperative work and its articulation: requirement for computer support. *in Le travail Humain*. vol. 4. numéro 57. pp. 345-366.

[Schmidt 2002a] K. Schmidt: 2002a, The problem with “awareness”: Introductory remarks on “awareness in CSCW. *in The Journal of Collaborative Computing*. vol. 11. numéro 3-4. pp. 285-298.

[Schmidt 2002b] K. Schmidt: 2002b, Remarks on the complexity of cooperative work. *in* T. H. Benchekroun (eds), *Cooperation and Complexity in Sociotechnical Systems. uméro spécial de la revue des sciences et technologies de l'information*. pp. 443-483. Paris. Hermes/Lavoisier.

[Schmidt et Simone 1996] K. Schmidt, C. Simone: 1996, Coordination Mechanisms: Towards a Conceptual Foundation of CSCW System Design. *in Computer Supported Cooperative Work: The Journal of Collaborative Computing*. vol. 5. numéro 2-3. pp. 155-200.

[Schmidt et Simone 2000] K. Schmidt, C. Simone: 2000, Mind the gap ! Towards a unified view of CSCW. *in* R. DIENG, A. GIBOIN, L. KARSENTY, G. DE MICHELIS (eds), *Proceedings of the 5th International Conference on the design of Cooperative Systems (COOP'2000)*. Sophia Antipolis, France. OS Press, The Netherlands.

[Schmidt et Wagner 2002] K. Schmidt, I. Wagner: 2002, Coordinative artifacts in architectural practice. Actes de la conférence Fifth International Conference on the Design of Cooperative Systems (COOP 2002), Cooperative Systems Design: A Challenge of the Mobility Age. pp. 257-274. Saint Raphaël, France. IOS Press, Amsterdam.

[Shea et Guzzo 1987] G. P. Shea, R. A. Guzzo: 1987, Group effectiveness: what really matters. *in Sloane Manager Review*. vol. 3. numéro 28. pp. 25-31.

[Simon 1984] H. A. Simon: 1984, The Structure of Ill-Structured Problems. *in* N. Cross (eds), *Developments in Design Methodology*. Chichester. Wiley.

[Simon 1992] H. A. Simon: 1992, De la rationalité Substantive à la Rationalité procédurale. *in Revue PISTES*. numéro 3. Traduction d'un article paru dans un ouvrage collectif de S.F. Latsis publié par Cambridge University Press en 1976.

[Strauss 1985] A. Strauss: 1985, Work and Division of Labor. *in The sociological Quarterly*. vol. 26. numéro 1. pp. 1-19.

[Streitz *et al.* 1992] N. Streitz, J. Haake, J. Hanneman, A. Lemke, W. Schider, H. Schtt, M. Thring: 1992, SEPIA: A cooperative hypermedia authoring environment. *in ECHT `92, Proceedings of Fourth ACM Conference on Hypertext*. Milan. ACM Press.

[Suchman 1987] L. A. Suchman: 1987, Plans and situated action: the problem of human-machine interaction. Cambridge University Press.

[Tahon 1997] C. Tahon: 1997, Le pilotage simultané d'un projet de construction. plan urbanisme, construction et architecture, recherche n° 87. 122 pages.

[Tarpin-Bernard 1997] F. Tarpin-Bernard: 1997, Travail coopératif synchrone assisté par ordinateur : approche AMF-C. Thèse de doctorat, Spécialité ingéneirie informatique. Ecole Centrale de Lyon. 147 pages.

[Tunçer *et al.* 2002] B. Tunçer, R. Stouffs, S. Sariyildiz: 2002, Cooperation on architectural analyses. Actes de la conférence Education in Computer Aided Architecture and Design in Europe (eCAADe). pp. 20-27. Varsovie.

[Turk *et al.* 1997] Z. Turk, R. Wasserfuhr, P. Katranuschkov, R. Amor, M. Hannus, R. J. Scherer: 1997, Conceptual Modelling of a Concurrent Engineering Environment. *Collection Concurrent Engineering in Construction*. Institution of Civil Engineers. London.

[UNSFA 2002] UNSFA: 2002, démocratiser le web-construction. *in* O. Celnik, E. Coste, P. Vincent (eds), *Internet pour l'architecture et le bâtiment, iSTUDIO*. pp. 176-190. Paris. Jean Michel Place.

[Unsfa 2003a] Unsfa: 2003a, Carte services. *in Passion Architecture*. vol. 4. pp. 36.

[Unsfa 2003b] Unsfa: 2003b, le Bat-i-bus : Ca roule ... *in Passion Architecture*. vol. 4. pp. 5.

[van der Aalst *et al.* 2000] W. M. P. van der Aalst, T. Basten, H. M. W. Verbeek, P. A. C. Verkoulen, M. Voorhoeve: 2000, Adaptive Workflow: On the Interplay between Flexibility and Support. *in* J. Filipe (eds), *Enterprise Information Systems*. pp. 63-70. Dordrecht, The Netherlands. Kluwer Academic Publishers.

[van der Aalst *et al.* 2003] W. M. P. van der Aalst, M. stoffele, J. W. F. Wamelink: 2003, Case handling in construction. *in Automation in construction*. vol. 3. numéro 12. pp. 303-320.

[Vera *et al.* 1998] A. Vera, T. Kvan, R. West, S. Lai: 1998, Expertise and collaborative design. Actes de la conférence CHI'98. pp. 503-510. Los Angeles. ACM.

[Visetti 1989] Y.-M. Visetti: 1989, Compte-rendu: Lucy A.Suchman, Plans and situated actions- The problem of Human/Machine Communication. *in Intellectica*. numéro 7. pp. 67-96.

[Visser 2002] W. Visser: 2002, Conception individuelle et collective. Approche de l'ergonomie cognitive. *in* M. Borillo, J. P. Goulette (eds), *Cognition et création. Explorations cognitives des processus de conception*. pp. 311-339. Paris. Mardaga.

[Visser et Hoc 1990] W. Visser, J. M. Hoc: 1990, Expert software design strategies. *in* J. M. Hoc, T. Green, R. Samurçay, D. Gilmore (eds), *psychology of programming*. pp. 235-250. Londres. Academic press.

[W3C 1999] W3C: 1999, XSL transformation (XSLT) version 1.0, recommandation W3C. http://www.w3c.org/TR/xslt. Page visitée le 15-08 2003.

[Wang et Haake 2000] W. Wang, J. M. Haake: 2000, Tailoring Groupware: The Cooperative Hypermedia Approach. *in Computer Supported Cooperative Work: The Journal of Collaborative Computing*. vol. 1. numéro 9.

[Wertsch 1981] J. V. Wertsch: 1981, The concept of activity in Soviet psychology. Sharpe. New York.

[Wertsch 1991] J. V. Wertsch: 1991, Voices of the mind: A sociocultural approach to mediated action. Harvard University Press. Cambridge. Cité dans : http://www.massey.ac.nz/~alock/virtual/trishvyg.htm

[WfMC 1999a] WfMC: 1999a, The Workflow Management Coalition Specification, Interface 1: Process Definition Interchange Process Model. Workflow Management Coalition. Winchester, United Kingdom. http://www.wfmc.org/standards/docs/TC-1016-P_v11_IF1_Process_definition_Interchange.pdf

[WfMC 1999b] WfMC: 1999b, The Workflow Management Coalition Specification, Terminology & Glossary. Workflow Management Coalition. Winchester, United Kingdom. http://www.wfmc.org/standards/docs/TC-1011_term_glossary_v3.pdf

[Wix et Katranuschkov 2002] J. Wix, P. Katranuschkov: 2002, Defining the matrix of communication Processes in the AEC/FM industry: Current Developments and gap analysis. Actes de la conférence CIB W78 Workshop. Aarhus, Denmark.

[Zinchenko 1996] V. P. Zinchenko: 1996, Developing Activity Theory: The Zone of Proximal Development and Beyond. *in* B. A. Nardi (eds), *Context and consciousness: activity theory and human-computer interaction*. pp. 283-324. Cambridge and London. MIT Press.

Annexes

Annexe 1 : PROCESSUS DE CONSTRUCTION DE TYPE « LOI MOP »

I Etape de conception

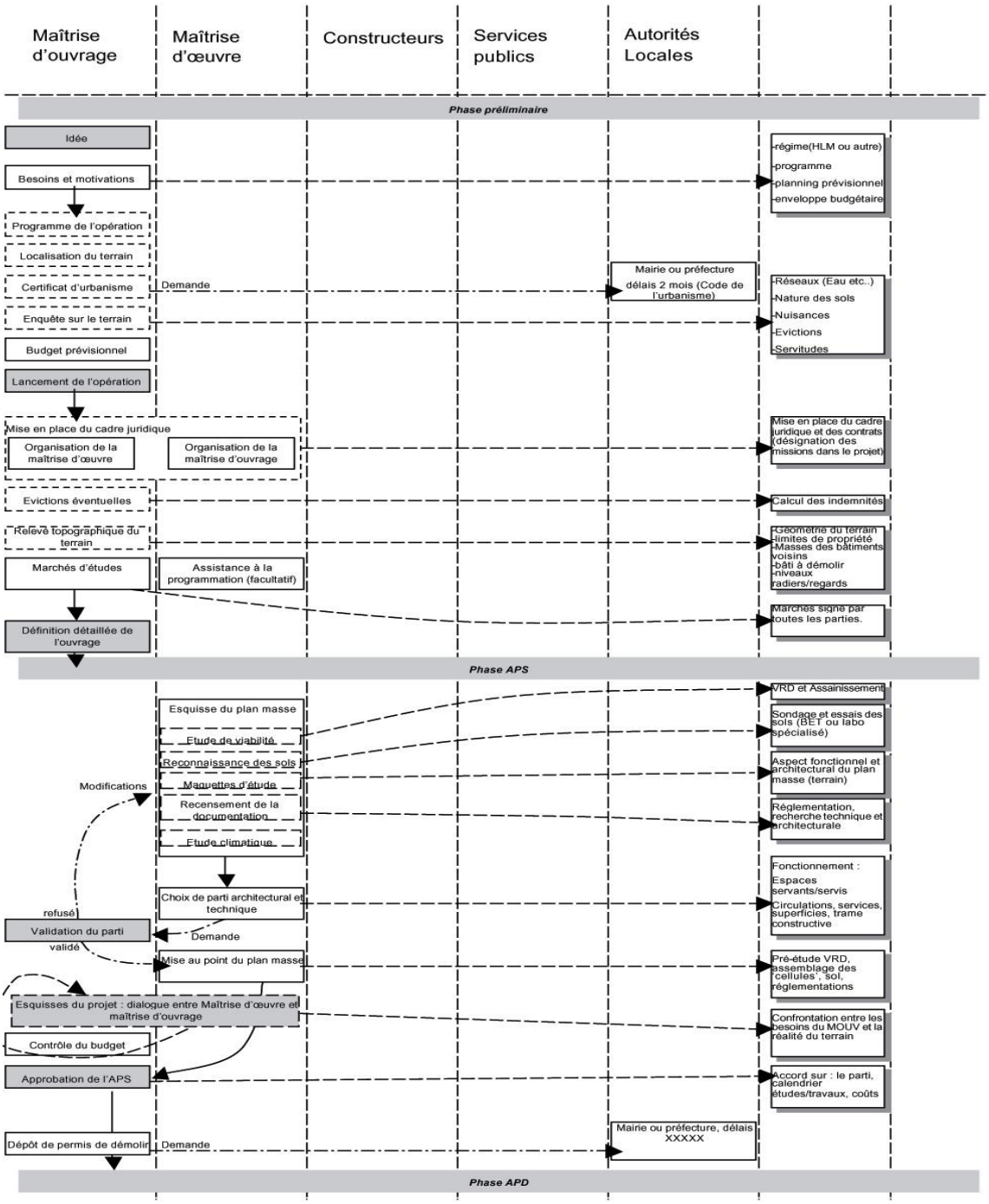


Figure 88 : Etapes de conception (1).

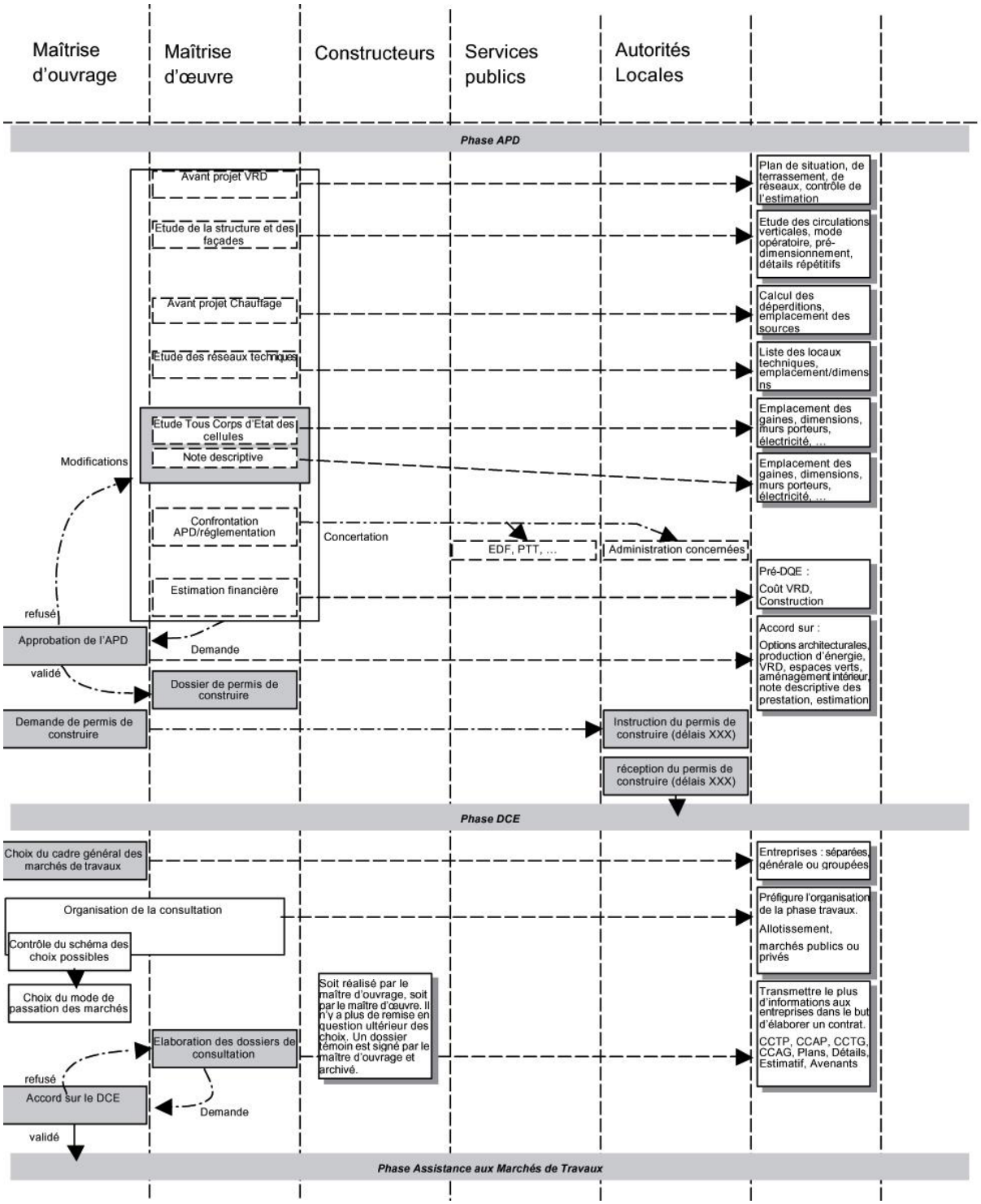


Figure 89 : Etape de conception (2).

II Etape de construction

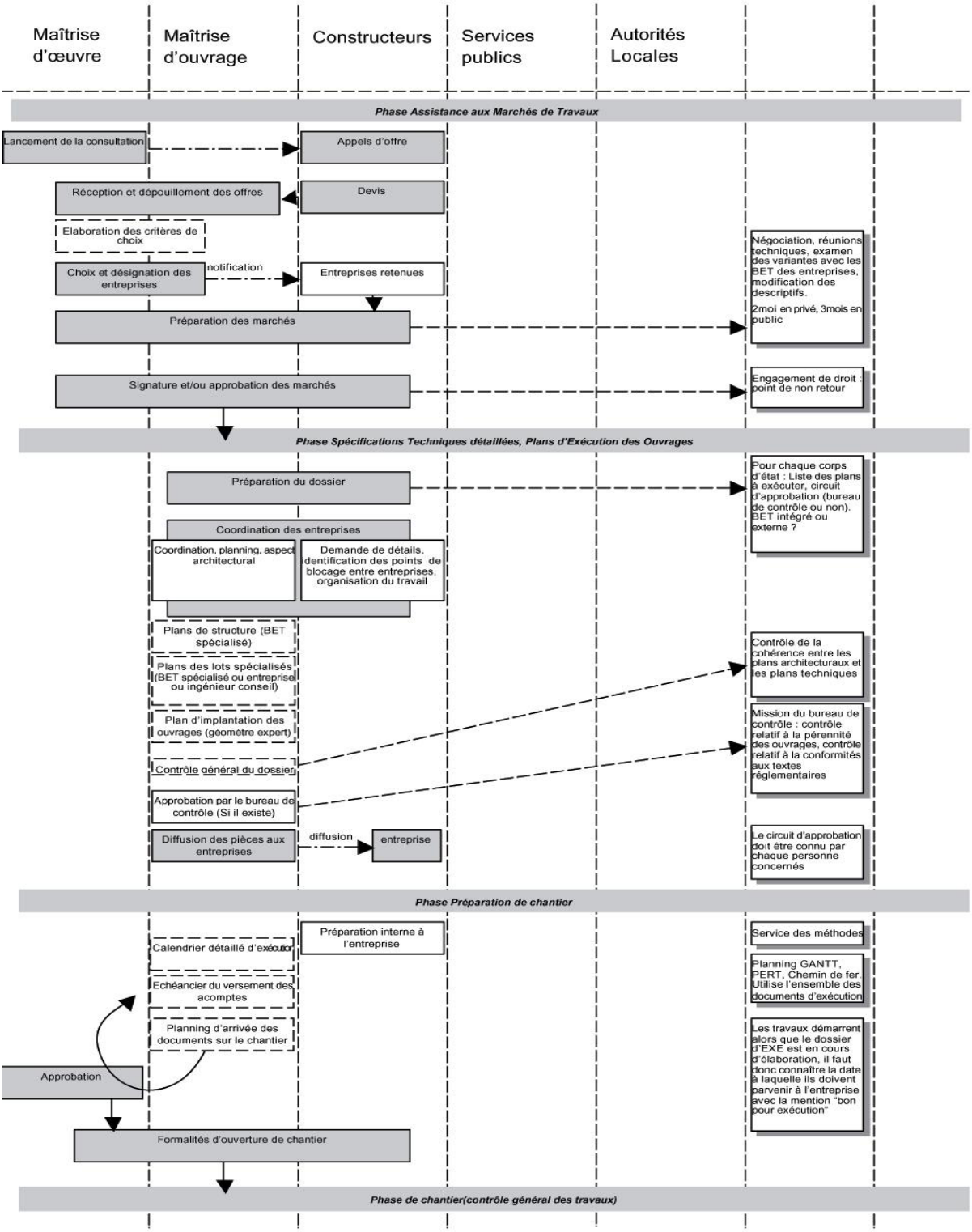


Figure 90 : Etape de chantier (1).

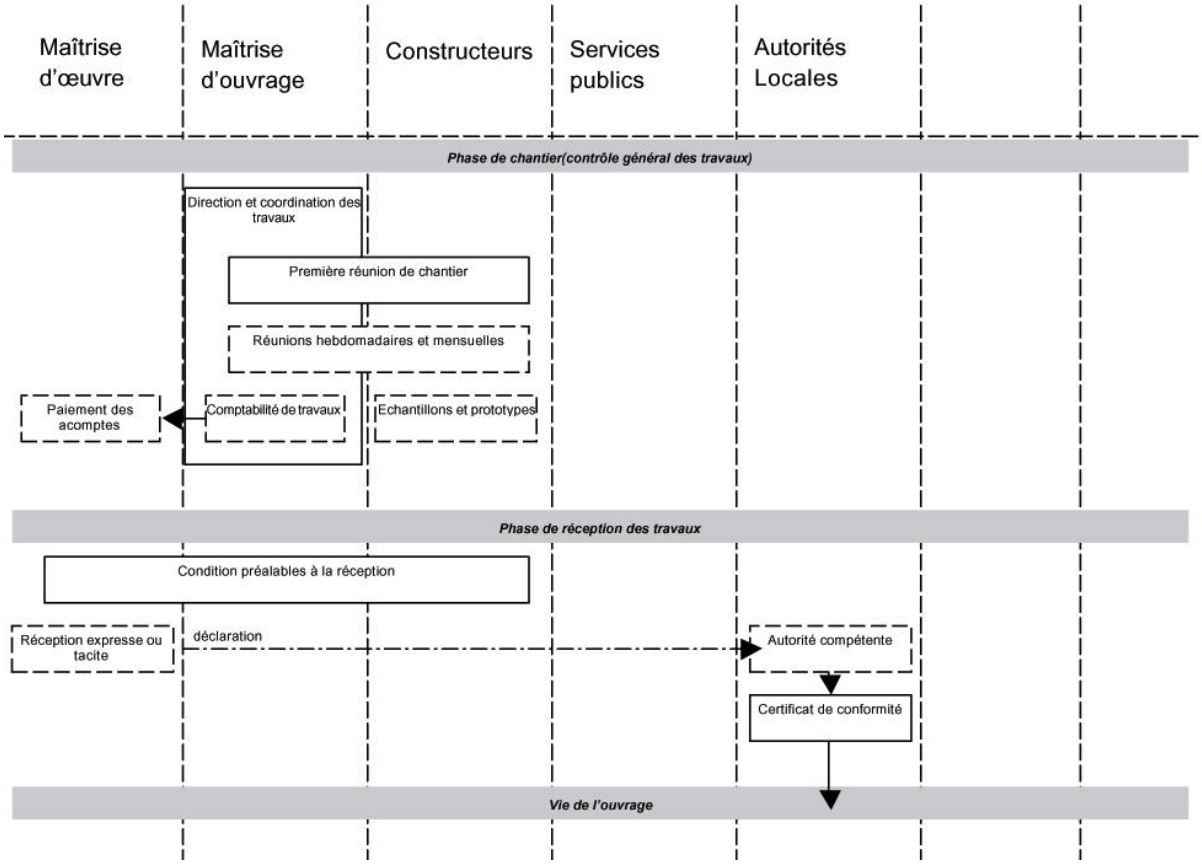


Figure 91 : Etape de chantier (2).

Légende :

Jalon. Activité structurante du processus

Activité flottante (ordre indéfini)

Activité fixe (ordre défini)

Annexe 2 : NOMENCLATURE DES FICHIERS

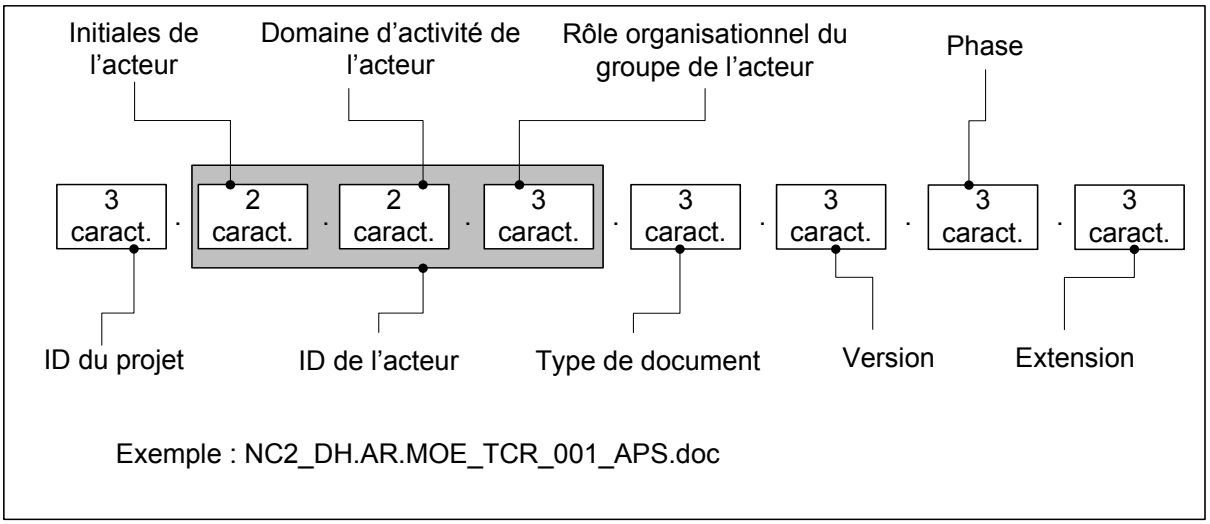


Figure 92 : Nomenclature d'un fichier.

I Identification du projet :

Le projet correspondant au document indexé est codé sur trois caractères pouvant être trois voyelles du nom du lieu de construction ou tout autre code choisi par les utilisateurs du système. La plateforme vérifie chaque nom proposé afin d'éviter les doublons risquant de causer des erreurs de classement.

II Identification de l'acteur :

II.I - Initiales de l'acteur

Les initiales de l'acteur qui a déposé le document (l'utilisateur qui a ouvert la session active) sont codées sur deux caractères. En cas de doublons, il sera possible d'augmenter ce nombre.

II.II - Domaine d'activité de l'acteur

Le domaine d'activité de l'acteur est également codé sur deux caractères suivant le tableau proposé ci-dessous.

Champ	Code	Identification Entreprises (ou Corps de métier ?)
Encadrement, conception	AR	Architecte
	AI	Architecte d'intérieur
	BC	Bureau de contrôle
	OP	Coordinateur Pilote (OPC)
	GE	Géologue
	IG	Ingénieur Génie Civil
	IS	Ingénieur Spécialisé
	SP	Sécurité Santé (SPS)
	TO	Topographe
Entreprise générale de construction	EG	
Partie Gros Oeuvre	IC	Installations de chantier
	AE	Aménagements extérieurs, VRD
	CT	Clôtures
	BP	Construction Bois préfabriqué
	MP	Construction Métal préfabriqué
	DE	Démolition
	EC	Échafaudages
	GO	Gros Œuvre
	PE	Plantations extérieures
	TE	Terrassement
Clos	FE	Façade enduite
	FB	Façade en bois
	FP	Façade en pierre
	FM	Façade métal
	ME	Menuiseries extérieures
	VE	Vitrage extérieur
Couvert	CH	Charpente
	CO	Couverture
	ET	Étanchéité
	FR	Ferblanterie
Équipements techniques	AS	Ascenseurs
	CG	Chauffage
	CL	Climatisation
	CP	Cuisines professionnelles
	EL	Électricité
	ES	Installations spécifiques
	RI	Réseaux informatiques
	ST	Sanitaires
	SC	Sécurité
	SK	Sprinklers
	SN	Systèmes de nettoyage
	VT	Ventilation
Parachèvement humide	CS	Chapes
	PA	Plâtres
	RV	Revêtements sols et murs en pierre
	CR	Carreleurs
	PT	Peintures
	HS	Ouvrages spéciaux
Parachèvement sec	RS	Revêtements sols et murs souples (moquettes, papier...)
	RB	Revêtements sols et murs en bois (parquets lambris)
	PQ	Plaquistes (careaux de plâtes etc)
	MI	Menuiseries intérieures
	FX	Faux plafonds
	PT	Planchers techniques surélevés
	CA	Cloisons amovibles

	MR	Vitrage et miroiterie
	CF	Compartimentage coupe feu
	SS	Ouvrages spéciaux
Métallerie	PG	Portes de garage
	VS	Volets, stores et Brise soleil
	SR	Serrurerie
	SF	Systèmes de fermeture
	PF	Portes coupe feu
Finitions	SI	Signalisation
	NE	Nettoyage
	ED	Éléments décoratifs
	PD	Plantes intérieures, décoration
	ML	Mobilier
	SA	Systèmes d'archivage
	CI	Kitchenettes et cuisines intégrées
	FO	Coffres forts
	FS	Équipements spéciaux

Tableau 1: Domaine d'activité d'un acteur

II.III - Rôle organisationnel du groupe de l'acteur

Le rôle organisationnel du groupe auquel appartient l'acteur qui a déposé le document est codé sur trois caractères suivant les codes proposés ci-dessous.

Code	Rôle organisationnel
MOU	Maîtrise d'ouvrage
MOE	Maîtrise d'oeuvre
ENT	Entreprise travaux (Exécution)
CRE	Concessionnaire réseaux
ADM	Administration, organisme de tutelle

Tableau 2 : Rôles organisationnels

III Identification du type de document

Les démonstrateurs proposés dans cette étude permettent d'échanger des extra-documents. Les types de documents que nous avons pu isoler sont les suivants :

Type de document	Code	Identification du document
Documents texte	TEC	Contrat
	TEH	Cahier des charges
	TEQ	Plan qualité
	TER	Compte rendu de réunion
		…
Documents tabulaires	TAD	Descriptif
	TAQ	Quantitatif
		….
Documents géométraux	GEN	Plan d'ensemble
	GET	Plan d'étage
	GCO	Coupe
	GDT	Détail
	GPT	Plan technique
	GPE	Plan d'équipement
	GMN	Maquette numérique
	GPA	Plan annoté
		…
Documents images	IBM	Dessin Bitmap
	IPH	Photo
		…

Tableau 3 : Types de documents

IV Identification de la version

La gestion des versions telle qu'elle est réalisée dans les démonstrateurs est indépendante de du rythme des phases. En effet, afin de ne pas obliger les acteurs à réaliser des copies, les versions de documents sont gérées différemment : un document change d'indice en décimale (a.(b+1)) à chaque mise à jour et change d'indice général après une validation ((a+1).0).

V Identification de la phase en cours

Le tableau ci-dessous présente les phases d'un projet réalisé suivant la loi MOP, ceci pourra varier en fonction du type de projet et de contexte.

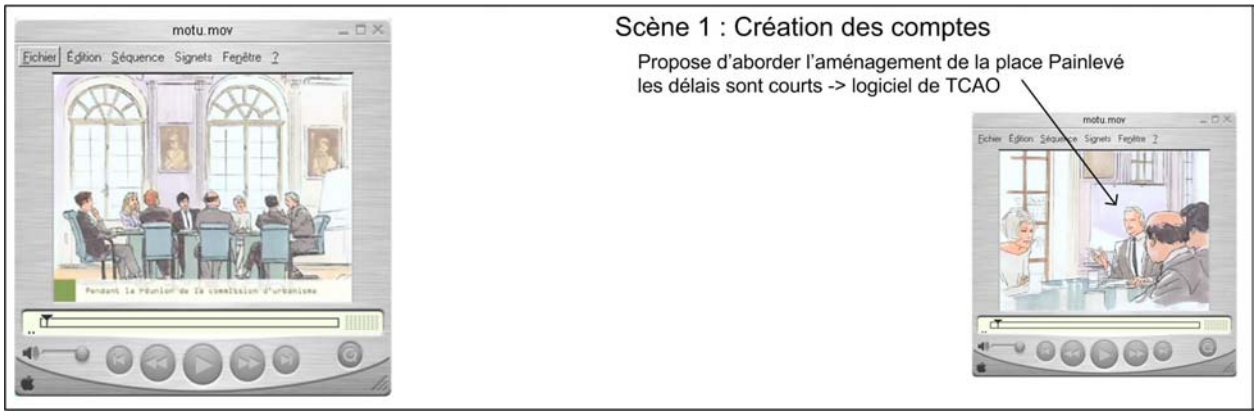
Identification de la phase (loi MOP)		Code
Étude préliminaire		EPR
Études d'esquisse	Analyse du programme	EEP
	Parti architectural	EEA
	Notice explicative et descriptive	EED
Avant Projet Sommaire	Composition plan volume	ASV
	Notice explicative, descriptive, estimative	ASN
Avant Projet Définitif	Vérification du respect des réglementations	ADR
	Plans cotés de l'ouvrage	ADC
	Notice explicative, descriptive détaillée (surfaces)	ADD
	Estimation définitive	ADE
	Dossier de permis de construire	ADP
Études de Projet	Dossier de conception général	EPC
	Dossier détaillé	EPD
	Compléments d'études et avenants au PC (le cas échéant)	EPA
Assistance à la passation des contrats de travaux	Préparation des appels d'offres	ACO
	Analyse des offres	ACA
Études d'exécution et de synthèse	Pour chaque lot..	ACL
Visa des études d'exécution et de synthèse		VIS
Direction de l'exécution des contrats de travaux	Direction de chantier	DEC
	Vérification des comptes	DEV
Assistance aux opérations de réception	Assistance au maître d'ouvrage	AOM
	Dossier des ouvrages exécutés	AOE

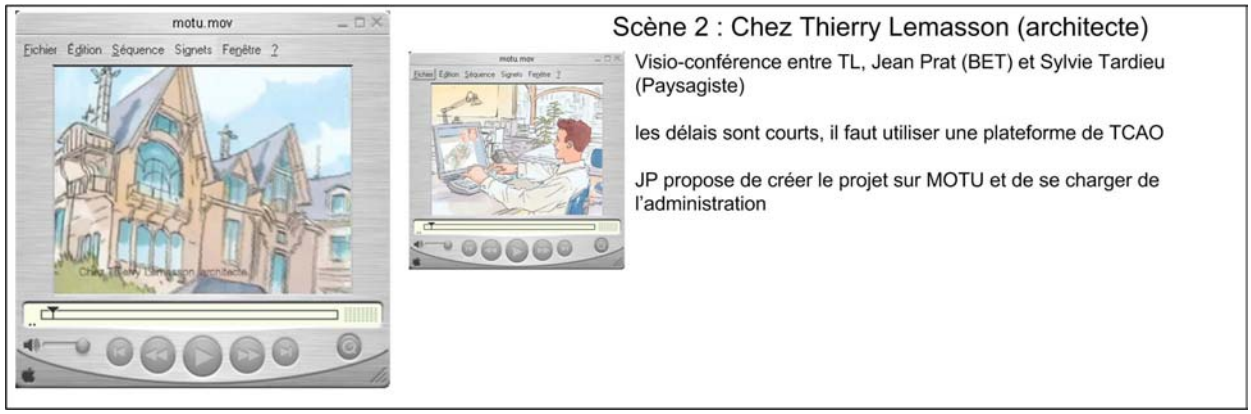
Tableau 4 : Phases d'un projet suivant la loi MOP

Annexe 3 : VALIDATION DES FONCTIONNALITES DE BAT'MAP

I Scénario de validation

La validation utilise un scénario réalisé en collaboration avec Olivier Malcurat au cours de l'année 2001. Ce scénario a connu plusieurs applications dans le cadre de DEA et de validations de collecticiels. Dans le domaine des collecticiels, le scénario que nous utilisons a servi de cadre d'application lors de la validation de la plateforme collaborative MOTU développée par l'équipe ECOO du LORIA. Les résultats de cette validation ont été traduits dans une concept-démo montrant l'utilisation de la plateforme MOTU au travers du scénario de maîtrise d'œuvre que nous avions élaboré. La figure ci dessous reproduit le synopsis utilisé dans la vidéo que nous venons d'évoquer.









Scène 3 : Au bureau d'études BETRU

JP crée les comptes : admin = BETRU ; utilisateurs TL et ST

ST demande par visio qu'un compte soit créé pour le maître d'ouvrage



JP crée le compte services techniques VDN



TL en demande plusieurs autres service environnement, circulation, …
ST répond qu'elle préfère mettre le service environnement dans la liste de ses contacts
JP publie la liste des utilisateurs et TL / ST se connectent à MOTU (…) il sera possible de compléter la liste plus tard ...





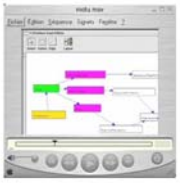
TL crée un Workspace



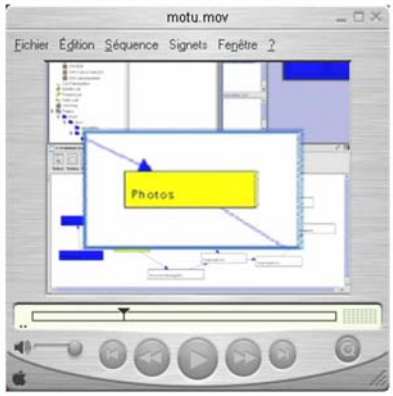
Création des tâches

Scène 4 : Création du programme de travail

JP met un fond de plan dans le dossier des fichiers de travail
TL demande s'il est possible de le publier
JP répond qu'il suffit de créer un Workspace et il obtiendra l'environnement de travail
TL crée le Workspace et ajoute la note d'objectif du M.O.U.
JP il faut aussi définir le programme de travail, les acteurs se répartissent les tâches à faire. ST= relevés, TL circulation, JP collecte des plans de réseaux.
JP crée les tâches sur MOTU
TL indique qu'il préparera, ainsi que ST, une esquisse qu'ils soumettront pour validation à JP
JP ira vérifier si le fond de plan est à jour
JP crée les tâches (..) Les tâches qui peuvent être anticipées apparaissent en violet dans le programme de travail et dans la liste d'actions

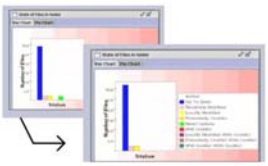


Les acteurs se quittent ...





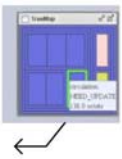




Histogramme actualisé

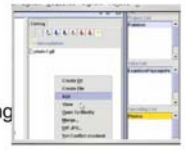


JP se met à jour



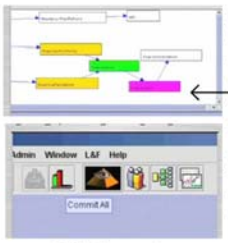
Scène 5 : Début des tâches

Voix off : ST prend des photos de la place et JP commence la tâche données réseaux, il complète sa liste de contacts et leur envoie un mail pour obtenir le relevé des réseaux. TL démarre la tâche info circulation.
JP est sur la place pour vérifier les plans.
ST ajoute les photos sur MOTU.
-> La tâche passe au bleu
ST commence à dessiner son esquisse
-> la tâche esquisse démarre et passe à l'orang



TL rédige une note de synthèse pour faire le point sur la circulation. Il publie la note et se rend compte que la tâche photo est terminée (elle est bleue), il ouvre le dossier photos et visualise (..)
JP termine la tâche mise à jour du fond de plan dans le workspace (..)
J.P. Lefevre (mairie) appelle son collège des déplacements (Stéphane Vignes) pour avoir les relevés de trafic dans le secteur de la place, SV importe les fichiers dans MOTU.
JP s'en rend compte immédiatement en consultant un treemap
Voix off : « JP se met à jour et l'histogramme des fichiers est actualisé »
TL voit que le fond de plan a été actualisé, il décide de commencer une esquisse et de la comparer ensuite avec celle de ST.

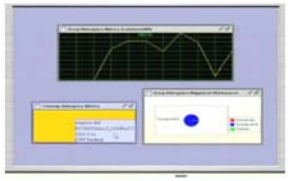




Publication esquisse

Scène 6 : Divergence

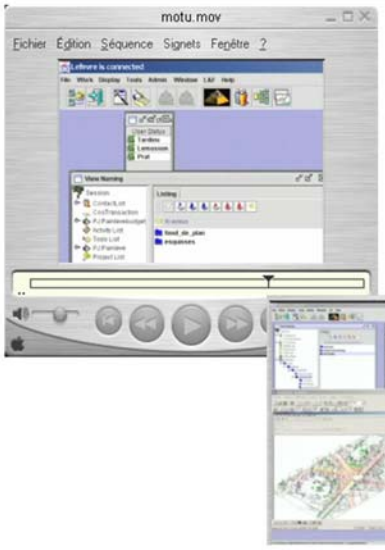
Voix off : ST achève son esquisse et la publie. Sa tâche passe au bleu. Elle voit que TL est en train de réaliser son esquisse et lui envoie un mail : «nous sommes en train de diverger (…) »
TL voit que ST est connectée et démarre une session de CHAT pour discuter du projet -> une nouvelle proposition de ST avec des arbres alignés
JP consulte la carte de divergence et voit qu'il y a un conflit potentiel entre TL et ST et il voit qu'ils ont planifié une tâche de coordination
Voix off : TL intègre les modifications de ST, le conflit est résolu et ils publient l'esquisse.
TL : ST, le BETRU et les services de la ville pourront faire leurs premières remarques





Scène 7 : Aux services techniques de la ville

JPL vérifie où en est le projet
SV veut réduire la vitesse des voitures en réduisant le rayon de courbure des trottoirs.
Ils envoient un mémo à l'équipe de maîtrise d'œuvre
BETRU : il commencent à préparer l'APS en attendant les remarques de la ville ..
TL voit que JP est en ligne, que le BETRU prépare l'APS et lui demande si tout va bien
JP demande que l'on déplace les arbres pour éviter de déplacer un réseau d'eau ce qui est trop cher.
Tl envoie un mail à ST pour l'informer et demande à la mairie s'il est possible d'avoir un supplément.





Scène 8 : Confrontation des solutions

Voix off: MOTU avertit JPL que TL et JP sont en ligne. JPL les contacte en audio conférence. TL informe JPL des problèmes d'arbres et JPL demande un chiffrage précis pour envisager un dépassement.
ST voit le mail de TL et l'appelle : elle veut garder son option, TL lui demande de faire des perspectives pour la mairie.
JPL se connecte à MOTU pendant une réunion de la commission de travaux afin de régler le problème,
ils proposent de mettre des arbres plus jeunes pour faire des économies. Ils font un mémo pour demander de limiter le surcoût à 8%. JPL fait un mémo en ce sens.
ST n'est pas d'accord pour planter des arbres plus jeunes, TL propose de demander l'avis de JP.
JP propose de baisser le niveau de la partie extérieure de la place pour faire des économies.
Les acteurs trouvent un compromis.
TL voit sur MOTU qu'il faut préparer une réunion publique, il demande à ST de se charger de cela (perspectives et plan masse)



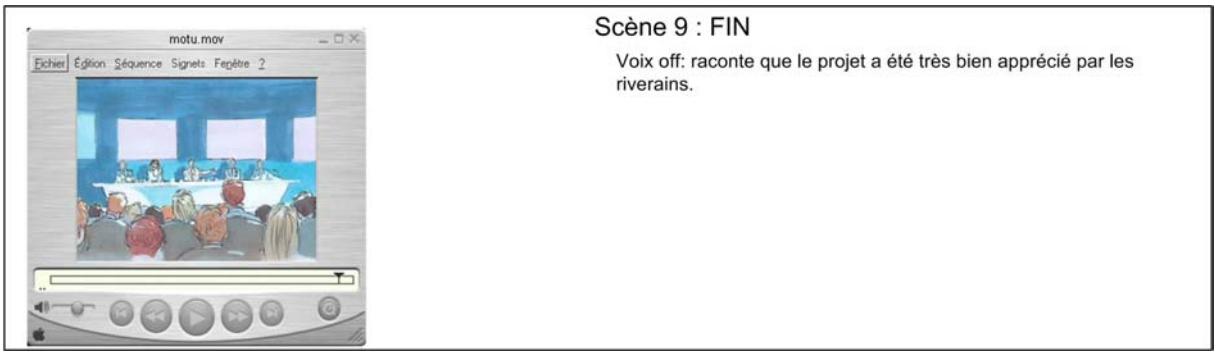
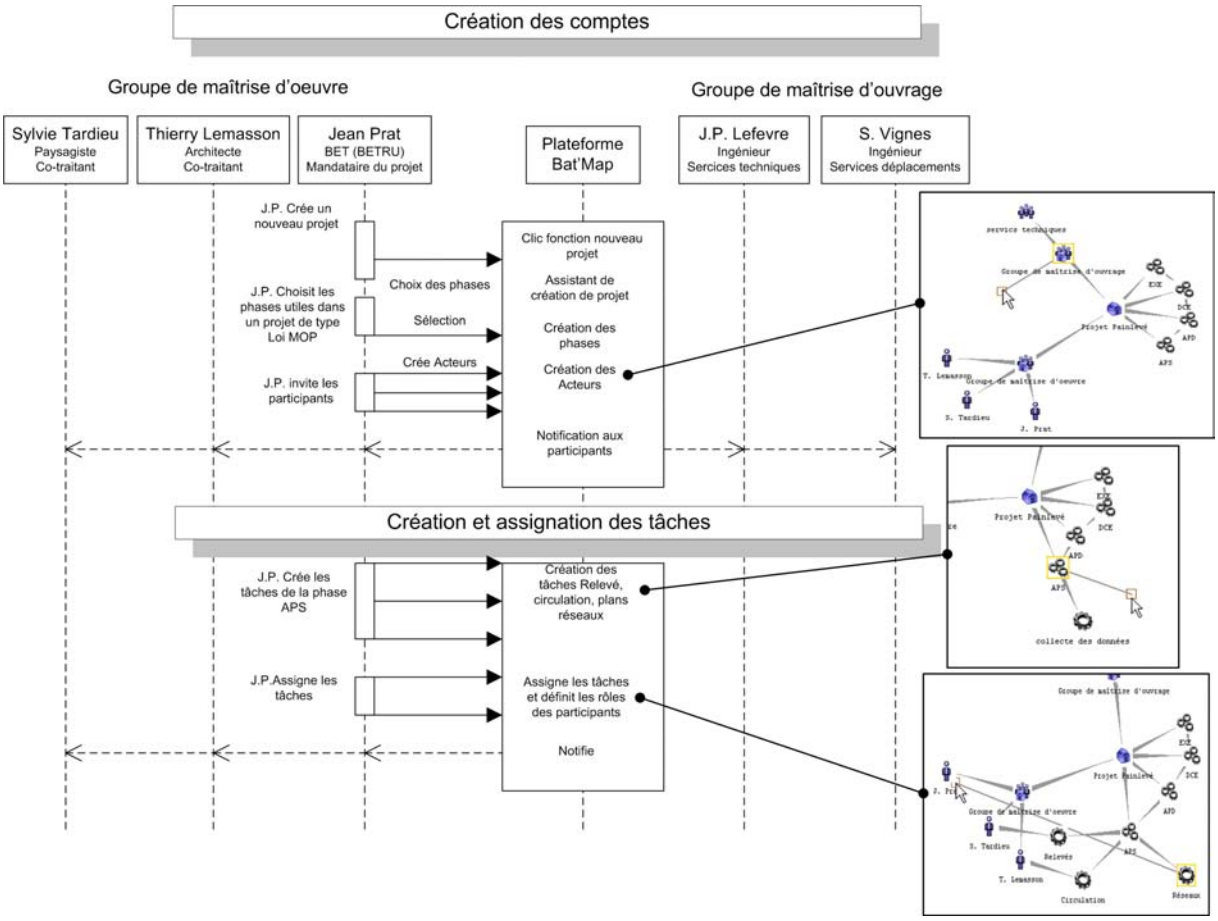
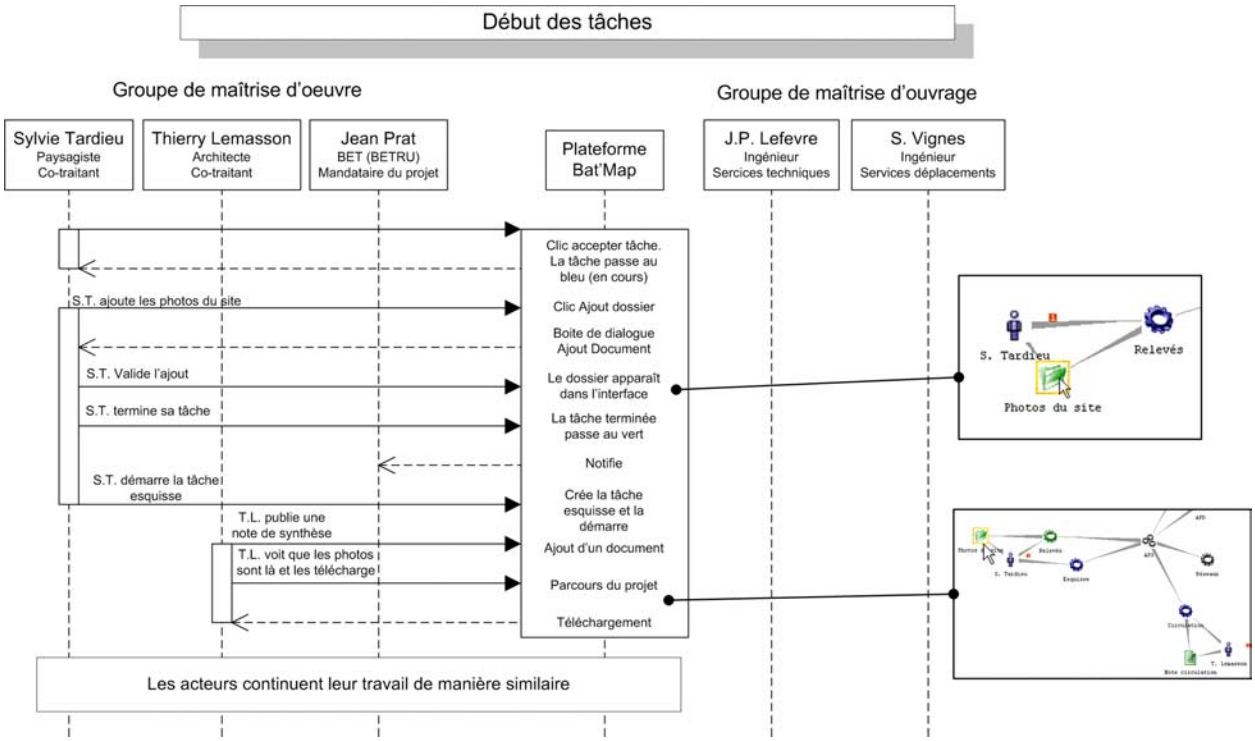


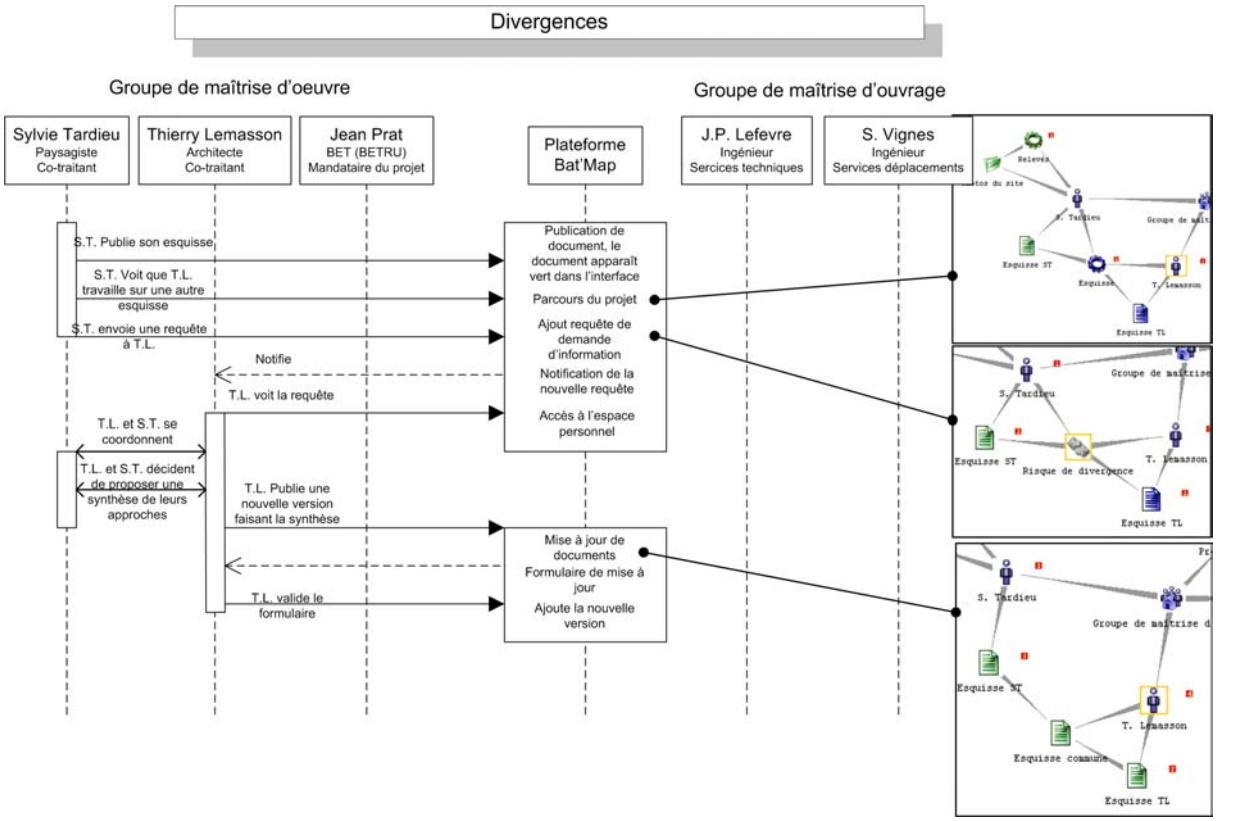
Figure 93 : Synopsis de la vidéo de démonstration des MOTU.

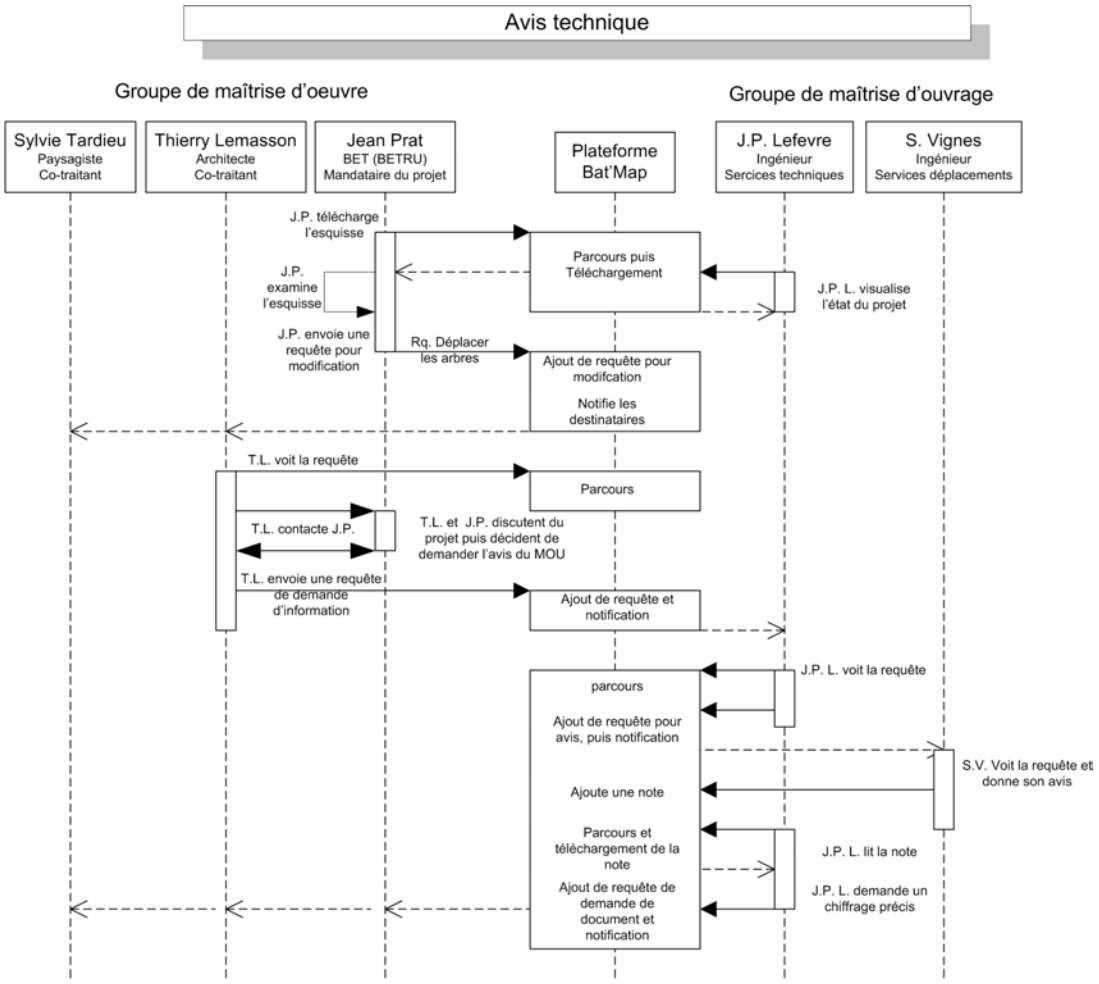
Ce synopsis a servi de base pour la réalisation d'un scénario de validation que nous allons décrire dans le paragraphe suivant.

II Déroulement du scénario dans l'environnement Bat'Map




Début des tâches
Groupe de maîtrise d'oeuvre
Groupe de maîtrise d'ouvrage
Sylvie Tardieu
Paysagiste
Co-traitant
Thierry Lemasson
Architecte
Co-traitant
Jean Prat
BET (BETRU)
Mandataire du projet
Plateforme
Bat'Map
J.P. Lefevre
Ingénieur
Sercices techniques
S. Vignes
Ingénieur
Services déplacements
Clic accepter tâche.
La tâche passe au
bleu (en cours)
S.T. ajoute les photos du site
Clic Ajout dossier
Boite de dialogue
Ajout Document
S.T. Valide l'ajout
Le dossier apparaît
dans l'interface
S.T. termine sa tâche
La tâche terminée
passe au vert
Notifie
S.T. démarre la tâche
esquisse
Crée la tâche
esquisse et la
démarre
T.L. publie une
note de synthèse
Ajout d'un document
T.L. voit que les photos
sont là et les télécharge
Parcours du projet
Téléchargement
Les acteurs continuent leur travail de manière similaire
S. Tardieu
Relevés
Photos du site


Divergences
Groupe de maîtrise d'oeuvre
Groupe de maîtrise d'ouvrage
Sylvie Tardieu
Paysagiste
Co-traitant
Thierry Lemasson
Architecte
Co-traitant
Jean Prat
BET (BETRU)
Mandataire du projet
Plateforme
Bat'Map
J.P. Lefevre
Ingénieur
Sercices techniques
S. Vignes
Ingénieur
Services déplacements
S.T. Publie son esquisse
Publication de
document, le
document apparaît
vert dans l'interface
S.T. Voit que T.L.
travaille sur une autre
esquisse
Parcours du projet
S.T. envoie une requête
à T.L.
Ajout requête de
demande
d'information
Notifie
Notification de la
nouvelle requête
T.L. voit la requête
Accès à l'espace
personnel
T.L. et S.T. se
coordonnent
T.L. et S.T. décident
de proposer une
synthèse de leurs
approches
T.L. Publie une
nouvelle version
faisant la synthèse
Mise à jour de
documents
Formulaire de mise à
jour
T.L. valide le
formulaire
Ajoute la nouvelle
version
Relevés
S. Tardieu
Esquisse ST
T. Lemasson
Esquisse TL
Risque de divergence
Esquisse commune


Avis technique
Groupe de maîtrise d'oeuvre
Groupe de maîtrise d'ouvrage
Sylvie Tardieu
Paysagiste
Co-traitant
Thierry Lemasson
Architecte
Co-traitant
Jean Prat
BET (BETRU)
Mandataire du projet
Plateforme
Bat'Map
J.P. Lefevre
Ingénieur
Sercices techniques
S. Vignes
Ingénieur
Services déplacements
J.P. télécharge l'esquisse
Parcours puis Téléchargement
J.P. examine l'esquisse
J.P. L. visualise l'état du projet
J.P. envoie une requête pour modification
Rq. Déplacer les arbres
Ajout de requête pour modifcation
Notifie les destinataires
T.L. voit la requête
Parcours
T.L. contacte J.P.
T.L. et J.P. discutent du projet puis décident de demander l'avis du MOU
T.L. envoie une requête de demande d'information
Ajout de requête et notification
J.P. L. voit la requête
parcours
Ajout de requête pour avis, puis notification
S.V. Voit la requête et donne son avis
Ajoute une note
Parcours et téléchargement de la note
J.P. L. lit la note
Ajout de requête de demande de document et notification
J.P. L. demande un chiffrage précis

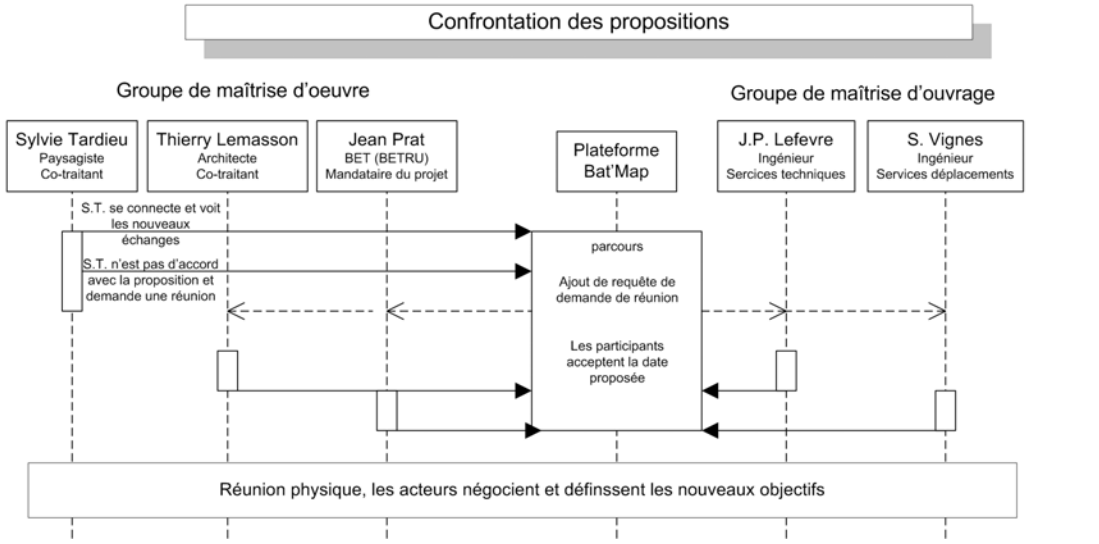

Confrontation des propositions
Groupe de maîtrise d'oeuvre
Groupe de maîtrise d'ouvrage
Sylvie Tardieu
Paysagiste
Co-traitant
Thierry Lemasson
Architecte
Co-traitant
Jean Prat
BET (BETRU)
Mandataire du projet
Plateforme
Bat'Map
J.P. Lefevre
Ingénieur
Sercices techniques
S. Vignes
Ingénieur
Services déplacements
S.T. se connecte et voit les nouveaux échanges
S.T. n'est pas d'accord avec la proposition et demande une réunion
parcours
Ajout de requête de demande de réunion
Les participants acceptent la date proposée
Réunion physique, les acteurs négocient et définssent les nouveaux objectifs

Figure 94 : Scénario développé dans Bat'Map[57].

[57] Le scénario présenté ci-dessus n'intègre pas encore la totalité des vues d'écrans prévues. Le prototype étant actuellement encore en cours de développement, nous intègrerons des vues d'interfaces dans la version définitive de ce mémoire.

Table des matières

Introduction 3

Première partie : Analyse du domaine et formalisation d'une proposition 9

Chapitre 1 L'activité et le groupe en sciences sociales 11

1.1 - La théorie de l'activité 12

1.1.1 - Les origines 12

1.1.2 - Activité, action et opération 14

1.2 - L'activité et son contexte 16

1.2.1 - Le processus d'appropriation et de médiatisation 16

1.2.2 - L'aspect collectif 17

1.2.3 - Les règles communautaires : rôle et potentiel d'action 18

1.2.4 - La division du travail : coordination collaborative ou coopérative 20

1.3 - La coopération et l'échange : la communication 21

1.3.1 - Le contexte de la communication 21

1.3.2 - L'échange d'objets intermédiaires 23

1.4 - Application : l'activité de conception collective 25

1.4.1 - Spécificité de l'activité de conception 25

1.4.2 - Étapes lors d'une activité de conception collective 27

1.4.3 - Méthodologie et cycle de travail 28

1.4.4 - Les freins à l'activité collective 29

1.4.5 - Synthèse 30

Chapitre 2 Le projet, terrain d'expression de l'activité de groupe 31

2.1 - Le projet, une activité de conception 32

2.1.1 - Qu'est ce qu'un projet ? 32

2.1.2 - Les différentes typologies de projets 33

2.1.3 - Les phases d'un projet 34

2.1.4 - Les familles d'acteurs impliqués dans un projet 34

2.1.5 - Le contexte français des projets d'ouvrages bâtis 35

2.2 - Les acteurs du domaine 36

2.2.1 - Les acteurs liés au domaine du bâtiment 36

2.2.2 - Les métiers de la filière bâtiment 38

2.2.3 - Les professions organisées en entreprises 39

2.2.4 - Rôles spécifiques des équipes participant à un projet 40

2.3 - Les phases d'un projet de bâtiment 40

2.3.1 - Les étapes principales 41

2.3.2 - Les sous-activités - Périodicité (étapes de synthèse et de production) 43

2.3.3 - Les tâches 44

2.3.4 - Synthèse 45

Chapitre 3 La coordination dans un projet de bâtiment 47

3.1 - Rapports de prescription et modes de coordination 48

3.1.1 - Coordination explicite 48

3.1.2 - Coordination implicite et articulation de la tâche prescrite 49
3.1.3 - Les dépendances entre activités 50
3.1.4 - Coordination explicite et implicite dans un projet de bâtiment 51
3.2 - Méthodes de gestion de projet 52
3.2.1 - La démarche qualité 52
3.2.2 - L'ingénierie concourante 53
3.2.3 - La méthode d'analyse de la valeur 54
3.2.4 - Méthodes d'optimisation de processus 54
3.3 - Méthodes de planification 55
3.3.1 - Diagrammes de Gantt 55
3.3.2 - Diagrammes PERT 56
3.4 - Vecteurs de communication 57
3.4.1 - La réunion 57
3.4.2 - Les documents 58
3.4.3 - L'accès aux objets partagés 59
3.4.4 - La gestion des documents 60
3.4.5 - La régulation de l'activité par l'utilisation de requêtes typées 62
3.5 - Exemple de modes d'interactions au cours d'un projet 63
3.5.1 - Grille d'analyse des activités collectives 63
3.5.2 - Proposition concernant l'assistance à la coordination dans un contexte de conception d'ouvrage 65

Chapitre 4 Un méta-modèle de coopération orienté 'relations' 67
4.1 - Pré-requis concernant la 'modélisation conceptuelle' 68
4.1.1 - Principes de l'approche par modèle 68
4.1.2 - Le choix de l'approche par méta-modèle 69
4.1.3 - Interopérabilité entre les modèles 70
4.1.4 - Principes du Méta Object Facility (MOF) 72
4.1.5 - Formalisme employé pour la modélisation 73
4.1.6 - Les interfaces entre modèles, le XMI 76
4.2 - Exemples de méta-modèles existants orientés 'processus' ou 'règle' 77
4.2.1 - Le méta-modèle proposé par la Workflow Management Coalition 78
4.2.2 - Le méta-modèle de DARE (Distributed Activities in a Reflexive Environment) 80
4.2.3 - Notre positionnement par rapport à ces méta-modèles 83
4.3 - Proposition d'un méta-modèle orienté 'relations' 84
4.3.1 - Principe général 84
4.3.2 - Les concepts principaux 85
4.3.3 - Le rôle 87
4.4 - Conclusion de la première partie 89

Seconde partie : Instrumenter les pratiques, spécification d'un collecticiel adapté au domaine du bâtiment 91

Chapitre 5 Une infrastructure permettant de supporter l'activité de conception 93
5.1 - Typologies d'outils et espaces fonctionnels 94
5.1.1 - Une infrastructure pour le travail de groupe 94
5.1.2 - La notion d'espace fonctionnel 96
5.1.3 - Fonctionnalités 97
5.2 - Collecticiel et régulation de l'activité 99
5.2.1 - Stratégies pour la régulation 99
5.2.2 - Assister la régulation explicite ou prescriptive, un point de vue normatif 100
5.2.3 - Assister la régulation implicite ou émergente, un point de vue contextuel 101
5.2.4 - Synthèse de ces deux approches 102
5.3 - Confrontation avec le domaine de la conception d'ouvrages bâtis 103
5.3.1 - Grille d'analyse fonctionnelle 104
5.3.2 - Le projet DémoWeb comme premier cadre d'expérimentation 105
5.3.3 - Enquêtes menées auprès d'utilisateurs 107
5.3.4 - Bilan du projet DémoWeb 108
5.4 - Expérimentations dans un contexte de conception 109
5.4.1 - Concepteurs en situation de projet : l' expérience Painlevé 110
5.4.2 - L'utilisation de requêtes typées : la plateforme Bat'Group 113
5.4.3 - Scénario d'interaction 115
5.4.4 - Bilan général de ces expérimentations 117
5.5 - Visualiser le contexte : un pas vers l'auto-coordination 118
5.5.1 - Visualisation graphique 118
5.5.2 - Hypermédia et travail collaboratif 120

5.5.3 - Application au contexte de la coopération en conception 121
5.5.4 - Synthèse 122

Chapitre 6 Une application du méta-modèle de coopération 125
6.1 - Proposition d'un modèle adapté au secteur du bâtiment 126
6.1.1 - Modèle des acteurs 126
6.1.2 - Modèle des activités 127
6.1.3 - Modèle des documents 129
6.1.4 - Les rôles dans un projet de bâtiment 130
6.2 - Réalisation d'un outil basé sur le modèle proposé 132
6.2.1 - Architecture informatique utilisée 132
6.2.2 - Mise en œuvre de la base de données 133
6.2.3 - Bat'Group v2 135
6.2.4 - Description de l'application utilisée pour réaliser Bat'Map 137
6.2.5 - Architecture logique de l'application TouchGraph link browser 140
6.3 - Mise en œuvre des interfaces 141
6.3.1 - Principes généraux 142
6.3.2 - Conception de l'interface de Bat'Group v2 142
6.3.3 - Conception de l'interface de Bat'Map 143
6.3.4 - Représentation du contexte de projet 144
6.4 - Interactivité 148
6.4.1 - Sélection de l'information affichée dans Bat'Map 148
6.4.2 - Mise en œuvre de la coordination par requêtes 150
6.4.3 - Mise en œuvre d'assistants 151
6.4.4 - Communication et édition via Bat'Map 152

Chapitre 7 Évaluation 155
7.1 - Validation de la conformité du modèle 156
7.1.1 - Présentation de l'application Ram3 156
7.1.2 - Saisie du méta-modèle 156
7.1.3 - Saisie du modèle 157
7.1.4 - Saisie d'un cas réel 158
7.1.5 - Conclusion 159
7.2 - Vérification de la cohérence du modèle 160
7.2.1 - Représentation des utilisateurs 160
7.2.2 - Représentation des activités 161
7.2.3 - Représentation des rôles 162
7.2.4 - Représentation des documents 163
7.2.5 - Conclusion 164
7.3 - Validation de la représentation contextuelle 166
7.3.1 - Méthode employée 166
7.3.2 - Exemple d'utilisation de la plateforme 166
7.3.3 - Évaluation par des utilisateurs 168
7.4 - Conclusions tirées de ces expérimentations 170

Conclusion 173

Liste des références bibliographiques 177

Annexes 187

Annexe 1 : Processus de construction de type « Loi MOP » 188
I Etape de conception 188
II Etape de construction 190

Annexe 2 : Nomenclature des fichiers 192
I Identification du projet : 192
II Identification de l'acteur : 192
II.I - Initiales de l'acteur 192
II.II - Domaine d'activité de l'acteur 192
II.III - Rôle organisationnel du groupe de l'acteur 194
III Identification du type de document 194
IV Identification de la version 195
V Identification de la phase en cours 195

Annexe 3 : Validation des fonctionnalités de Bat'Map 197

I Scénario de validation 197
II Déroulement du scénario dans l'environnement Bat'Map 200

Table des matières ***204***

Liste des illustrations ***208***

Liste des tableaux ***210***

Liste des illustrations

Figure 1: Les niveaux hiérarchiques de l'activité selon Kuutti. 14
Figure 2 : Exemples d'activités, d'actions et d'opérations. 15
Figure 3 : Structure d'une activité d'après Engeström. 17
Figure 4 : Structure basique de l'activité collective d'après Engeström. 17
Figure 5 : Processus de communication. 22
Figure 6 : Exemple de synchronisation cognitive. 23
Figure 7 : Transmission d'un objet intermédiaire. 23
Figure 8 : Les quatre types d'objets intermédiaires proposés par Jeantet 24
Figure 9 : Etapes d'une activité de conception collective. 27
Figure 10: Modes d'organisation du travail collectif. 28
Figure 11 : La maîtrise d'ouvrage dans le domaine du BTP. 36
Figure 12 : Relations entre métier et projet. 38
Figure 13 : Les étapes d'un projet de bâtiment en France. 42
Figure 14 : Processus de conception concourant, conception distribuée et points de synthèse. 44
Figure 15 : Gestion hiérarchique. 49
Figure 16 : Processus Total Quality Management (TQM). 55
Figure 17 : Exemple de diagramme Gantt. 56
Figure 18 : Exemple de diagramme PERT 57
Figure 19 : Les documents produits au cours d'une opération de construction 58
Figure 20 : Exemple de nomenclature d'un fichier. 61
Figure 21: Exemple de protocoles sociaux et interactifs au cours d'un projet architectural. 64
Figure 22 : Principe de notre modèle de données 66
Figure 23 : Les niveaux d'abstraction du Méta Object Facility. 70
Figure 24 a et b: Les modes d'interopérabilité ; échange de fichiers VS utilisation d'un bus CORBA. 71
Figure 25 : Conversions entre modèles dans un contexte de projet de bâtiment. 72
Figure 26 : Les méta-entités du MOF. 73
Figure 27 : Formalisme employé pour les diagrammes de classes. 74
Figure 28 : Formalisme utilisé pour les diagrammes d'état-transition. 75
Figure 29: Exemples d'un scénario correspondant à un cas d'utilisation 75
Figure 30 : Principe de projection du MOF vers XML. 76
Figure 31 : Principe de la transformation utilisant un processeur XSLT. 77
Figure 32 : Contexte de l'utilisation d'un outil de Workflow selon la WfMC 78
Figure 33 : Méta-modèle de processus selon la WfMC. 79
Figure 34 : Diagramme d'état des activités selon la WfMC 80
Figure 35 : Modèle conceptuel de DARE basé sur la théorie de l'activité (d'après Bourguin p. 101) 81
Figure 36 : Méta-modèle de DARE. 82
Figure 37 : Exemple de modèles en œuvre dans le domaine du bâtiment. 84
Figure 38 : Patron composite utilisé pour la conception du méta-modèle. 85
Figure 39 : Les concepts principaux du méta-modèle de coopération orienté 'relations'. 86
Figure 40 : Acteurs et activités, expression du rôle. 87
Figure 41 : Vue générale du méta-modèle de coopération. 88
Figure 42 : Le trèfle fonctionnel 96
Figure 43 : Evolution du trèfle fonctionnel. 97
Figure 44 : Exemples de fonctionnalités offertes par les collecticiels. 98
Figure 45 : Fonctionnalités et structuration des groupes. 99
Figure 46 : Modes de travail et assistances à la régulation 103
Figure 47 : Degré d'informatisation de la profession. 109

Figure 48 : Structure du groupe et des répertoires utilisés au cours du projet Painlevé. 111
Figure 49 : Séquence de duplication des documents au cours du projet Painlevé. 112
Figure 50 : Architecture de la plateforme Bat'Group. 113
Figure 51 : Exemple de fenêtre de Bat'Group. 114
Figure 52 : Scénario d'interaction entre acteurs d'un projet. 116
Figure 53 : Exemples de l'utilisation d'un graphe hypermédia. 119
Figure 54 : La structure hypermédia des tâches dans CHIPS. 121
Figure 55 : Modèle d'interface utilisateur. 122
Figure 56 : Modèle des acteurs. 127
Figure 57 : Modèle des activités. 128
Figure 58 : Modèle des documents. 129
Figure 59 : Modèle des rôles. 130
Figure 60 : Principe des démonstrateurs Bat'Group - Bat'Map. 132
Figure 61 : Les couches. 133
Figure 62 : Modèle conceptuel (MCD) de la base de données utilisée pour l'expérimentation. 134
Figure 63 : Interface d'administration des types. 135
Figure 64 : Principe de fonctionnement des pages dynamiques. Exemple de l'accès à l'espace d'administration de la base de données. 136
Figure 65 : L'interface de TouchGraph link browser. 138
Figure 66 : Mode application et mode applet de TouchGraph. 138
Figure 67 : Diagramme de classes de l'application TouchGraph. 141
Figure 68 : Interface de Bat'Group v2. 143
Figure 69 : Interface de Bat'Map. 144
Figure 70 : Les trois entités de base représentées dans Bat'Map. 144
Figure 71 : Icônes représentant les éléments d'une activité de groupe. 145
Figure 72 : Récapitulatif des relations représentées dans Bat'Map. 149
Figure 73 : Les boutons correspondant aux filtres dans Bat'Map. 150
Figure 74 : Représentation d'une requête dans Bat'Map. 151
Figure 75 : Principe de communication dans Bat'Map. 152
Figure 76 : Saisie du niveau M2 du modèle. 157
Figure 77 : Saisie du niveau M1 du modèle. 158
Figure 78 : Saisie du niveau M0 du modèle. 159
Figure 79 : Formalisme utilisé pour les diagrammes de collaboration. 160
Figure 80 : Représentation d'utilisateurs du système et de leurs profils matériels. 161
Figure 81 : Représentation d'activités appartenant à un projet. 162
Figure 82 : Représentation de rôles. 163
Figure 83 : Représentation des documents. 164
Figure 84 : Extrait d'un graphe hypermédia correspondant au projet donné en exemple. 165
Figure 85 : Scénario utilisé pour la validation. 167
Figure 86 : Vue générale du contexte de projet. 169
Figure 87 : Édition et parcours du projet par un utilisateur. 170
Figure 88 : Etapes de conception (1). 188
Figure 89 : Etape de conception (2). 189
Figure 90 : Etape de chantier (1). 190
Figure 91 : Etape de chantier (2). 191
Figure 92 : Nomenclature d'un fichier. 192
Figure 93 : Synopsis de la vidéo de démonstration des MOTU. 200
Figure 94 : Scénario développé dans Bat'Map. 203

Liste des tableaux

Tableau 1 : Relations entre acteur et système de support au travail selon Kuutti. 19
Tableau 2 : Activités de projet et activités stabilisées. 32
Tableau 3 : Exemples de confusions possibles entre fonctions et professions. 37
Tableau 4 : Exemples de rôles et de corps de métier pouvant les exercer. 37
Tableau 5 : Exemples de collectifs d'acteurs. 39
Tableau 6 : Exemples de tâches et d'opérations. 45
Tableau 7 : Exemples de dépendances et de modes d'interaction. 51
Tableau 8 : Matrice espace–temps et exemples d'outils. 95
Tableau 9 : Questions relevant de l'observabilité mutuelle et de la perception du contexte. 102
Tableau 10 : Fonctionnalités supportant le travail de groupe. 104
Tableau 11 : Type de grille utilisée au cours du projet DémoWeb. 107
Tableau 12 : Rôles et droits d'action. 131
Tableau 13 : Types de relations représentées dans Bat'Map. 147

Résumé :

L'objet de ce travail est l'analyse de la conception en tant qu'activité coopérative, la proposition d'un modèle de ces pratiques et l'implémentation d'un prototype d'aide aux échanges coopératifs.

L'apport de cette recherche est de mettre en correspondance les théories sociologiques traitant de l'activité collective et l'expérience accumulée concernant la conception d'ouvrages bâtis dans un modèle conceptuel permettant de décrire un contexte de projet. Ce modèle a été conçu selon les principes de méta-modélisation, en utilisant un formalisme standard répandu dans le domaine de l'ingénierie logicielle, afin de permettre des implémentations et des extensions plus aisées. Le modèle que nous avons proposé a été appliqué à un outil prototype offrant une représentation graphique d'un contexte de projet afin de favoriser l'émergence d'une coordination spontanée entre les acteurs. La mise en œuvre de ce prototype a permis d'éprouver les postulats que nous avons pu formuler et a conduit à dégager des perspectives concernant l'adaptabilité des collecticiels aux situations de conception coopérative.

Mots clés : Architecture, collecticiel, théorie de l'activité, coopération, méta-modélisation, interfaces adaptatives.

Titre Anglais : Toward an auto-coodination model, application to cooperative architectural design project.

Abstract :

This paper intends to propose a conceptual model able to describe the cooperative processes which appears during the building design. This model has been implemented in a prototype groupware tool in order to validate our proposals.

Our contribution is to address social theories (Activity theory, Situated action, …) and our knowledge about design processes in a conceptual model. This model is conform to the Meta Object Facility principles and formalism to facilitate implementations and extensions. A groupware tool was created from this model which supply an user-friendly graphic interface of a project's context and to initiate self-coordination. This prototype was used to validate our hypothesis and shows some directions about the usage of groupware tools in cooperative situations.

Keywords: architecture, groupware, activity theory, cooperation, metamodel, adaptive interfaces.

Discipline : Sciences de l'Architecture

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