Modélisation d'un environnement logiciel d'assistance au travail collaboratif dans le secteur de l'architecture et du BTP

Olivier Malcurat

▶ **To cite this version:**

Olivier Malcurat. Modélisation d'un environnement logiciel d'assistance au travail collaboratif dans le secteur de l'architecture et du BTP. Architecture, aménagement de l'espace. Institut National Polytechnique de Lorraine, 2001. Français. NNT : 2001INPL581N . tel-01749875

HAL Id: tel-01749875
https://hal.univ-lorraine.fr/tel-01749875

Submitted on 29 Mar 2018

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

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

UNIVERSITÉ DE LORRAINE

AVERTISSEMENT

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

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

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

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

LIENS

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

J 136030978 3

01INPL 581N

Institut
National
Polytechnique
de Lorraine

École Doctorale IAE + M

Département de formation doctorale en Sciences de l'Architecture

CDI 2001 MALCURAT, O.

Modélisation d'un environnement logiciel d'assistance au travail collaboratif dans le secteur de l'architecture et du BTP

THÈSE

pour l'obtention du

Doctorat de l'Institut National Polytechnique de Lorraine

Discipline : Sciences pour l'Architecture

présentée et soutenue publiquement

par

Olivier MALCURAT

le 9 novembre 2001

Service Commun de la Documentation
INPL
Nancy-Brabois

Composition du jury :

Rapporteurs :
M. Jean-Pierre Péneau — Professeur à l'École d'Architecture de Nantes
M. Stéphane Hanrot — Maître-assistant à l'École d'Architecture de Saint-Étienne

Examinateurs :
M. Claude Godart — Professeur à l'Université Henri Poincaré

Directeurs de thèse :
M.Jean-Claude Paul — Professeur à l'École d'Architecture de Nancy
M. Jean-Claude Bignon — Professeur à l'École d'Architecture de Nancy

Remerciements

Je tiens à remercier monsieur Jean-Claude Bignon pour avoir suivi mon travail depuis son commencement, et pour avoir su apporter tout au long de celui-ci, un regard tour à tour critique et créatif, bref, pour avoir accompagné ma démarche de manière constructive.

Je remercie également monsieur Jean-Claude Paul pour avoir accepté d'être mon directeur de thèse.

Je remercie le CNET, en la personne de Hélène Saliou, pour avoir suivi ce travail au travers du projet CoCAO et pour avoir assumé son financement.

Je remercie messieurs Gilles Halin et Damien Hanser qui ont été mes proches collaborateurs pendant ce travail. Je souhaite à Damien, doctorant dans le projet CoCAO, une fin très heureuse à son travail. Je ne peux m'empêcher de signaler qu'il vient d'obtenir le prix du meilleur article scientifique à la conférence eCAADe 2001 d'Helsinki , et que je suis très heureux pour lui.

Je remercie Claude Godart et son équipe ECOO : Pascal Molli, Hala Skaf, Samir Tata, Gérôme Canals, Abdelmajid Bouazza, Olivier Perrin, Christophe Bouthier et les autres...

Je remercie les professionnels que j'ai pu rencontrer. Je cite entre autres : messieurs Guy Malot, Emmanuel Petit, Romain Heckler. etc.

Je remercie messieurs les membres de mon jury qui ont accepter d'expertiser ce travail.

Enfin, je remercie et je salue tous mes amis du CRAI.

Table des matières

Remerciements....1

Table Des Matières....3

Introduction....9
Caractérisation d'une situation de problème....9
Conjoncture économique....10
Inéluctabilité technologique....10
Plan général....11

Chapitre I. Problématique....13
I.1. Introduction....13
I.2. Problématique générale....13
I.2.1. Situations visées....14
I.2.2. Niveau d'anticipation de la proposition....15
I.3. L'acte de bâtir....15
I.3.1. Limitation du contexte d'étude....15
I.3.2. Les acteurs....16
I.3.2.1. Famille d'acteurs....16
I.3.2.2. Rôle de l'architecte....17
I.3.2.3. Relation entre acteurs....17
I.3.2.4. Indépendance des organisations....18
I.3.2.5. Une nouvelle génération d'acteurs....18
I.3.3. Les documents....19
I.3.3.1. Les objets intermédiaires....19
I.3.3.2. Les types de documents....19
I.3.3.3. Mode d'échange de documents....20
I.3.4. Les moyens de coordination....21
I.3.4.1. La coordination....21
I.3.4.2. Les réunions....21
I.3.4.3. Instrumentation de la coordination programmée....22
I.3.5. La démarche....23
I.3.5.0.1. Durée du projet....23
I.3.5.0.2. Le phasage et la loi MOP....24
I.3.6. L'ingénierie concourante....25
I.3.6.1. Le modèle industriel....25
I.3.6.2. Généralités sur l'ingénierie concourante....26
I.3.7. Informatisation des professions....27
I.3.7.1. Rappel historique....27
I.3.7.2. Influences de l'informatique....27

I.3.7.3. Demande des acteurs....28
I.3.8. Problèmes et difficultés....28
I.3.8.1. La non-qualité....28
I.3.8.2. Identification des problèmes....28
I.3.8.2.1. Les problèmes structurels....29
I.3.8.2.2. Les défaillances d'acteurs....29
I.3.8.2.3. Les difficultés de l'informatisation....30
I.3.8.3. Obstacles à la concourance....31
I.3.8.3.1. Les marchés....31
I.4. Conclusion....31

Chapitre II. État De L'Art....33
II.1. Introduction....33
II.1.1. Domaines de recherche....33
II.1.2. Recherche informatique....34
II.2. Les données et les modèles de données....34
II.2.1. Les banques d'informations professionnelles....34
II.2.2. Les îlots d'automation....35
II.2.3. Modèles de données pour le bâtiment....36
II.2.3.1. Modèle normatif STEP....37
II.2.3.2. Modèle IFC....38
II.2.3.2.1. Architecture du modèle....39
II.2.3.3. Discussion....41
II.3. Le Travail Collaboratif Assisté par Ordinateur (TCAO)....42
II.3.1. Définition des collecticiels....42
II.3.2. État de l'Art des modèles de coopération....43
II.3.2.1. Les situations de conception....43
II.3.2.2. Les objets intermédiaires....44
II.3.2.3. Rapports de prescription réciproque....45
II.3.2.3.1. Le modèle des apprentissages croisés....45
II.3.2.3.2. Les rapports de prescription....46
II.3.2.3.3. Prescriptions réciproques....46
II.3.2.4. Modèle ICM (Interdisciplinary Communication Medium)....47
II.3.2.4.1. Point de vue individuel....47
II.3.2.4.2. Les opérations de communication....48
II.3.3. État de l'Art de l'analyse des collecticiels....49
II.3.3.1. Le trèfle fonctionnel....49
II.3.3.2. La matrice temps-espace....50
II.3.3.3. Le modèle conceptuel tripartite....51
II.3.3.3.1. Modèle ontologique....51
II.3.3.3.2. Modèle de coordination....51
II.3.3.3.3. Modèle de l'interface utilisateur....52
II.3.3.4. Le modèle de Denver....53
II.3.3.5. Stratégie pour les équipes d'ingénierie virtuelles....55
II.3.3.6. Grille d'analyse fonctionnelle....57
II.3.3.6.1. Les données partagées....57
II.3.3.6.2. Les services de communication....58
II.3.3.6.3. Gestion de la coordination....58
II.3.3.6.4. La conscience de groupe....59
II.3.3.6.5. L'architecture système....60
II.3.3.7. Analyse des besoins fonctionnels....60
II.3.3.8. La mémoire des décisions....62

II.3.3.9. Les défis des collecticiels....63
II.3.4. État de l'Art des collecticiels de projet....65
II.3.4.1. Un précédent : les armoires à plans informatisés....65
II.3.4.1.1. Définition et caractéristiques....65
II.3.4.1.2. Mise en place....66
II.3.4.1.3. Bilan d'expériences....67
II.3.4.2. Les gestionnaires de flux de tâches (workflow systems)....68
II.3.4.2.1. Terminologie du domaine....68
II.3.4.2.2. Application au domaine du bâtiment....69
II.3.4.3. Logiciels de production augmentés de fonctions de groupe....70
II.3.4.4. Le surlignage en environnement 3D....72
II.3.4.5. Espace de projet en ligne....74
II.3.4.5.1. Discussion....74
II.4. Conclusion....75

Chapitre III. Expérimentation....79
III.1. Introduction....79
III.1.1. Programme d'architecture....79
III.1.2. Cadre de l'expérimentation....80
III.1.3. Objectifs de l'expérimentation....81
III.1.4. Choix du collecticiel : BSCW....81
III.2. Méthodes....82
III.2.1. Plan d'Assurance Qualité....82
III.2.2. Fiches de suivi....83
III.3. Limites de l'expérimentation....84
III.4. Résultats....85
III.4.1. Chiffres....85
III.4.1.1. Classement des fonctions par nombre d'appel....85
III.4.1.2. Classement des types de format de fichiers par fréquence d'utilisation....87
III.4.2. Résultats critiques sur la conscience de groupe....87
III.5. Discussion....88
III.5.1. Gestion des droits d'accès....88
III.5.1.1. Proposition 1....88
III.5.1.2. Proposition 2....89
III.5.1.3. Préalable à une proposition 3....89
III.5.1.4. Proposition 3....90
III.5.1.5. Remarque sur les versions de fichier....91
III.5.1.6. Critique de la centralisation autour de la notion de projet....91
III.5.2. Administration et décision....92
III.6. Conclusion....93

Chapitre IV. Modélisation....95
IV.1. Introduction....95
IV.2. Hypothèse sur le modèle coopératif....95
IV.2.1. Hypothèse 1....95
IV.2.2. Hypothèse 2....96
IV.2.2.1. Premier point....97
IV.2.2.2. Second point....98
IV.3. Objets et fonctions du collecticiel....100
IV.3.1. Les documents....100
IV.3.1.1. Structure des documents....100
IV.3.1.2. Indexation des documents....101

IV.3.2. Les acteurs....102
IV.3.3. Les messages et commentaires....104
IV.3.4. Les requêtes....105
IV.3.5. Les réunions....107
IV.3.6. L'historique des évènements....108
IV.3.7. Contrôle local de la visibilité....108
IV.3.7.1. Visibilité des versions de documents....109
IV.3.7.2. Visibilité des documents métier....110
IV.3.7.3. Visibilité des configurations....111
IV.3.7.4. Deux mécanismes pour la conscience de groupe....112
IV.3.8. Diagramme UML de synthèse....112
IV.4. Modèle de l'interface utilisateur....113
IV.4.1. Les versions....115
IV.4.1.1. Commandes d'objets liés....115
IV.4.1.2. Commandes d'actions liées....117
IV.4.2. Les documents métier....119
IV.4.2.1. Commandes d'objets liés....119
IV.4.2.2. Commandes d'actions liées....120
IV.4.3. Les documents composés....120
IV.4.4. Les configurations....120
IV.4.5. Les fichiers et les documents papier....121
IV.4.6. Les auteurs et les groupes....122
IV.4.7. Les messages et commentaires....123
IV.4.8. Les requêtes....123
IV.4.9. Les réunions et programmes de réunions....124
IV.4.10. Actions particulières....124
IV.5. Simulation....125
IV.5.1. Présentation du projet....125
IV.5.1.1. Contexte et acteurs....125
IV.5.1.2. Problème....127
IV.5.1.3. Déroulement....127
IV.5.2. Simulation du projet avec le collecticiel....128
IV.5.3. Validation théorique....133
IV.5.3.1. Niveau minimum de validation....133
IV.5.3.2. Niveau intermédiaire de validation....133
IV.5.3.3. Niveau maximum de validation....133
IV.6. Conclusion....134

Perspectives....137
Extensions des fonctionnalités....137
Intégration d'un modèle de données de produits et d'un modèle coopératif....138

Conclusion....139

Bibliographie....141

Annexes....147
Exemple de fonctionnement de l'interface....147
Fiches de collecticiels de projet partagé....152

Introduction

Le présent mémoire s'inscrit dans un projet de recherche mené au CRAI[1] depuis 1998 intitulé « CoCAO » (Co-Conception Assistée par Ordinateur ». Ce projet vise, dans un premier temps, à spécifier un outil informatique pour le travail coopératif[2] (collecticiel) à destination des acteurs de l'architecture et du BTP, et dans un deuxième temps, à développer cet outil pour le mettre en situation d'expérimentation[3].

C'est à la première partie de ce projet, la spécification d'un outil informatique, que ce mémoire donne réponse. L'ampleur du sujet, insoupçonnable au démarrage du projet, et le temps qu'il aurait fallu investir dans le développement d'un outil informatique, réservent donc la deuxième phase aux successeurs de ce travail. Nous espérons qu'il saura constituer pour eux une base solide su laquelle asseoir de nouvelles idées de développement.

Caractérisation d'une situation de problème

La question de la collaboration dans l'activité de conception-construction n'est pas neuve. Elle est même consubstantielle de l'acte de bâtir en général et des activités de conception qui concourent à cet acte en particulier. Faut-il rappeler que les cathédrales sont l'expression d'une fabuleuse collaboration entre des métiers fort différents habitués à travailler ensemble et dont l'activité de création collective reste encore un objet d'étonnement ?

Pour caractériser ce travail, certains n'hésitent d'ailleurs pas à parler « d'intelligence collective » par analogie avec les productions des insectes sociaux comme les fourmis ou les abeilles. L'intérêt du concept est bien évidemment de reconnaître la qualité des savoirs et des techniques des différents métiers mais plus encore l'intelligence du processus collaboratif lui-même.

Le chantier, avec ce qu'il évoque comme réunion de plusieurs professions et corps d'état, reste communément perçu comme l'endroit par excellence de la collaboration. Pourtant, force est de constater qu'aujourd'hui, c'est dans le secteur de l'industrie manufacturière et de l'industrie de services que sont nées les recherches les plus fructueuses sur les nouvelles formes de collaborer.

Il s'est instauré récemment et de manière progressive un glissement des facteurs économiques et technologique qui a conduit les acteurs du bâtiment à s'intéresser à des formes innovantes de travail. Ces deux situations, qu'il convient de dissocier pour la clarté de l'analyse, sont bien évidemment fortement interférentes et imbriquées dans les processus réels.

---

1 Centre de Recherche en Architecture et Ingénierie, Nancy, France.

2 Les termes de coopération et de collaboration, et les concepts qu'ils recouvrent, sont centraux dans notre discours. La question de leur distinction s'est rapidement posée comme un enrichissement possible de notre réflexion. Les dictionnaires ne nous aident pas dans cette tâche ; les définitions « agir ensemble » pour coopérer et « travailler ensemble » pour collaborer n'apportent pas une distinction suffisamment nette et riche pour continuer à l'exploiter. Les textes scientifiques ne semblent pas faire non plus une grande différence, et les deux termes sont utilisés avec équivalence dans tous les cas. Nous prenons en l'occurrence le parti d'employer ces termes avec équivalence, comme l'usage commun et l'usage scientifique semblent l'avoir montré.

3 Nous voulons ici mentionner la collaboration du CRAI avec le laboratoire ECOO (Environnements pour la COOpération) du LORIA (Laboratoire lOrrain de Recherche en Informatique et ses Applications) dans le cadre d'un projet CNET. Ce projet, mené en parallèle avec celui du CRAI, a été principalement l'occasion d'approfondir une réflexion autour d'un prototype de collecticiel générique nommé Tua Motu et développé par l'équipe ECOO.

Conjoncture économique

En France, le chiffre d'affaires du bâtiment s'élevait en 1996 [Midler, 1996] à 750 milliards de francs, supérieur à celui de l'automobile et de l'armement réunis. Depuis la fin des années 1980, le bâtiment, terrain d'enjeux économiques très importants doit faire face à une situation socio-économique caractérisée par une modification des exigences qualitatives (de la maîtrise d'ouvrage à l'entreprise) et un renforcement de la compétitivité des différents acteurs économiques sous l'effet :

de la concurrence ;

des délais tendus ;

des exigences de qualité de la construction, allant de pair avec la complexification de la nature même des ouvrages (nécessité de faire intervenir de nombreux spécialistes) ;

des exigences de qualité des processus (adoption de démarche « qualité ») ;

des réglementations complexes et difficiles à intégrer.

En plus de ces facteurs conjoncturels, des facteurs plus structurels définissent l'économie de la filiale conception-construction :

L'unicité des projets d'architecture a pour conséquence que la reproductibilité des processus aussi bien techniques que conceptuels se trouvent pour partie limitée ; l'importance de la notion d'économie d'échelle se trouve ici relativisée par rapport au modèle économique de l'industrie manufacturière. À titre d'exemple, la notion de « gamme » de projets architecturaux n'est qu'exceptionnellement présente (on peut la trouver chez les pavillonneurs) ;

La diversité des cadres contractuels (ex. marché de maîtrise d'ouvrage public ou privé, marché séparé ou groupement de maîtrise d'œuvre, marché traditionnel ou conception-construction) ;

La mutation rapide de la commande ; il y a trente ans, on construisait beaucoup de logements sociaux, ensuite on a construit des bureaux, des équipements culturels, etc ;

Le contexte institutionnel joue un rôle prépondérant. En France, la loi MOP interdit la formation groupée de la maîtrise d'oeuvre et des entreprises, ce qui limite l'application d'une véritable ingénierie concourante. Nous reviendrons plus tard sur ce dernier concept.

Inéluctabilité technologique

L'informatisation de la société (éducation, commerce, culture) est désormais inéluctable, qu'on le veuille ou non. Le réseau informatique internet conquiert chaque jour une place plus importante chez les professionnels qui profitent de son faible coût d'exploitation, de sa facilité d'usage et de son universalité. Cette révolution emboîte le pas à une révolution plus ancienne, celle de l'informatisation des années 1980, et c'est tout logiquement que se trouvent renforcés les échanges et questionnés les protocoles de collaboration et les pratiques coopératives.

Les logiciels de première génération, logiciels dits « métier » ne couvrant que les besoins d'une pratique professionnelle et généralement un seul aspect de celle-ci (dessins, calculs, estimations chiffrées, plannings), n'ont pas amené de modifications profondes dans l'organisation des pratiques professionnelles. Bien que l'aspect collaboratif n'y soit traité que de manière interstitielle, notamment par les formats d'échanges de documents, ils ont cependant ouvert une perspective à la collaboration considérée comme un thème de réflexion et un champ de recherche à part entière.

L'outil informatique n'est pas innocent dans les transformations des pratiques professionnelles de coopération. La question des nouvelles technologies n'est pas un phénomène annexe qui ne relèverait que du champ des techniques et que l'on devrait traiter avec distance. Elle est au cœur de la question posée de la coopération non seulement parce qu'elle rend possible les échanges mais parce qu'elle les structure. Peut être faut-il à nouveau faire quelques clins d'œil à l'histoire pour comprendre que les questions afférentes aux techniques de l'information ont des effets majeures sur le système social tout entier.

L'invention de l'écriture n'a pas été simplement un moyen nouveau pour porter la pensée, cela à introduit un bouleversement dans les structures de la pensée, dans la construction du sens, dans le rapport des hommes au monde et finalement dans le rapport des hommes entre eux. Jack Goody [Goody, 1979] a par exemple montré

que ce que l'on nomme souvent le « génie grec » avec le formidable essor des sciences, des techniques et des arts ne peut se comprendre sans ce bouleversement de l'adoption de l'écriture et de l'alphabet.

Plus proche de nous, le téléphone et le fax ont transformé les modes de collaboration et de coopération en accroissant considérablement les flux d'informations et en rendant les échanges plus synchrones (le fax a conservé la matérialité du document — nous restons dans le monde papier — qui est un atout précieux pour les acteurs). Ce raccourcissement du temps dans les transactions a modifié les comportements de tous. Dans le monde économique, il a contribué à remodeler les systèmes organisationnels qui sont de moins en moins construits selon des structures hiérarchiques et de plus en plus sur des structures en réseau.

C'est aussi le signe d'un changement dans les représentations mentales utilisées pour rendre compte des structures organisationnelles [Perrin et al, 1996]. On passe de représentations mécaniques (« courroie de transmission ») à des représentations en termes de flux et de réactivité[4].

Plan général

Nous comptons quatre chapitres à ce mémoire :

Problématique. Ce chapitre répond à deux objectifs : tout d'abord, face à l'étendue du problème posé, il recadre précisément le lieu de notre intervention en se fondant sur ce que nous pensons avoir un intérêt scientifique à traiter, en même temps que ce sur quoi nous estimons pouvoir faire valoir notre compétence. Le second objectif consiste à donner des éléments d'analyse du contexte spécifique à notre étude, le secteur du bâtiment. Les caractéristiques principales de ce secteur y sont développées, au regard de ce qui constitue la finalité de notre travail, la spécification d'un outil pour la collaboration.

État de l'Art. Ce chapitre présente des travaux de recherche récents (dont certains font l'objet de développements informatiques) selon quatre points de vue différents : l'état de l'Art des données et des modèles de données pour le bâtiment, celui des modèles coopératifs, celui de l'analyse des collecticiels et celui des collecticiels destinés aux acteurs du bâtiment. Lorsque les travaux présentés ne concernent pas spécifiquement le secteur du bâtiment, nous apportons des éléments pour en permettre le rapprochement et la comparaison ; lorsqu'ils concernent ce secteur, nous engageons une discussion critique.

Expérimentation. Ce chapitre approfondit les critiques à propos d'une catégorie spécifique de collecticiels, les collecticiels de projet partagé, en présentant les résultats d'une expérimentation réelle sur un collecticiel représentatif de cette catégorie.

Modélisation. Sur la base des critiques formulées dans les deux chapitres précédents et au regard du contexte spécifique au secteur du bâtiment exposé dans le premier chapitre, une proposition de collecticiel est donnée. Celle-ci s'accompagne de deux modèles : un modèle d'interface explicitant les concepts supportés par le collecticiel et les actions que l'on peut entreprendre sur chacun d'eux, et un modèle logique (à objets) fixant de manière formelle en s'appuyant sur la notation UML les classes d'objets venant d'être évoqués ainsi que leurs relations. Enfin, une première validation théorique est conduite sur la base d'un exemple réel d'opération urbaine : l'aménagement du parcours emprunté par le tramway à Nancy.

4 Pour faire suite à cette réflexion, nous reproduisons un passage de [Chimits et al., 1996] : Toute innovation technologique génère un idéal d'utilisation ; cet idéal n'est pas anodin, il motive et oriente les stratégies d'acteurs dans le développement de technologies nouvelles (...). Dans le domaine qui nous concerne, l'informatique serait le support d'une chaîne optimale de production fondée sur l'usage des données cohérentes de la programmation à la gestion du bâtiment construit en passant par la conception et le chantier. Cet idéal s'exprime aussi par un glissement sémantique et la substitution progressive d'une terminologie professionnelle à une autre « machinique »: les plans deviennent fichiers ; les échanges, flux contractuels ; l'architecte, le maître d'ouvrage et l'ingénieur, émetteur, récepteur et destinataire... Ce glissement n'est pas sans signification ; il dématérialise le contenu des activités, efface la part socialisante des situations de travail et peut révéler à un niveau plus inconscient du souhait de gommage de leur contenu subjectif et conflictuel.

I. Problématique

I.1. Introduction

L'objectif de notre étude est la modélisation d'un environnement logiciel pour assister le travail coopératif des acteurs du bâtiment. Nous commençons par exposer quelques éléments de cadrage de cette étude :

Problématique générale. Nous présentons la notion d'entreprise-projet comme la caractéristique principale du système d'acteurs mis en place à l'occasion d'une opération de conception-construction. Puis nous avançons une hypothèse de travail fondée sur une critique des collecticiels actuels concernant leur inaptitude à supporter correctement l'entreprise-projet.

Situations visées. Le contexte d'étude est celui de la conception et de la construction des ouvrages architecturaux, mais nous nous sommes principalement intéressés au contexte des projets modestes et courants, faisant intervenir des organisations d'acteurs peu structurées, peu formées aux NTIC et aux capacités d'apprentissage limitées de ces technologies.

Niveau d'anticipation de la proposition. La population professionnelle ne cesse d'évoluer dans sa formation aux outils informatiques. Depuis quelques années, les étudiants en architecture (en France tout au moins) savent intégrer à leur pratique du projet d'architecture les apports de logiciels de dessin technique, de modeleurs tridimensionnels, de logiciel de bureautique, etc., ce qui n'était pas le cas des générations précédentes, aujourd'hui encore largement détentrices des plus hautes responsabilités dans le secteur (chef d'agence, chef d'entreprises). Il nous faut donc considérer ce point pour déterminer le niveau d'anticipation technologique de notre recherche et de la proposition qui en découlera.

La partie principale de ce chapitre suit cette présentation. Il s'agira de fournir des éléments de connaissance sur les acteurs et les usages du le bâtiment. Le but recherché ici sera la détermination de quelques facteurs structurels caractéristiques du secteur, essentiels pour appuyer notre hypothèse.

I.2. Problématique générale

De manière synthétique, notre problématique concerne l'adaptation d'un domaine de recherche, la recherche sur le travail collaboratif assisté par ordinateur (TCAO) par vocation généraliste, à un champ d'application spécifique, le secteur du bâtiment.

Notre travail explore le concept d'entreprise-projet, aussi appelé entreprise fugace ou éphémère, opposé au concept traditionnel d'entreprise. À l'inverse de celle-ci, l'entreprise-projet n'est pas une entité juridique pérenne. Elle désigne une équipe dont les membres sont issus de plusieurs organisations et réunis à l'occasion d'un projet éphémère ; la durée de vie de l'équipe est la durée de vie du projet. Certes, ce concept n'est nouveau que dans le langage[5] mais il marque le début d'une gestion nouvelle du travail et de l'équipe, comme si ses membres appartenaient à la même entreprise. Ce qui compte alors, c'est la place de chacun dans cette entité virtuelle plutôt que dans leurs entreprises respectives. L'entreprise-projet s'appuie sur la mise en place de nouvelles formes de division du travail, de nouvelles formes de contrat (contrats de réseaux), de la promotion de nouvelles valeurs et de nouvelles cultures d'entreprises [Perrin et al., 1996].

5 L'édification des cathédrales médiévales, entre le XII^{ème} et le XV^{ème} siècle, s'étalaient sur une période de temps qui allaient de quelques années à plusieurs siècles et réunissaient une moyenne de 650 personnes (sur le chantier et à l'approvisionnement) qui devaient être coordonnées (source : Pascal Waringo, L'organisation de la construction des cathédrales, Moyen-Âge n. 15, revue bimestrielle, mars-avril 2000). L'entreprise-projet y était une réalité.

Depuis quelques années, une nouvelle génération d'environnements ou d'outils logiciels, faisant usage du réseau internet, est apparue, censée faciliter en particulier le travail coopératif dans le cadre de l'entreprise-projet ; ce sont les collecticiels (ou logiciels de groupe) dont l'exemple le plus connu est le gestionnaire de courrier électronique. Dans la plupart des cas, ils sont d'un usage facile, et s'adressent à un public très large, non forcément spécialiste de l'informatique. D'autre part, fondés sur internet, ces collecticiels sont susceptibles de toucher toutes les personnes qui disposent d'un moyen d'accès à ce réseau mondial.

Certains collecticiels se destinent plus spécifiquement au projet coopératif ; ils permettent de partager des ressources communes comme des fichiers ou des messages. C'est à cette catégorie de collecticiels que nous allons nous intéresser.

Pour en revenir à l'entreprise-projet, il nous semble que la technologie et l'infrastructure informatique mise en œuvre par ces collecticiels de projet sont en accord avec les caractéristiques de l'entreprise-projet : un réseau virtuel de personnes qui peut être simplement constitué, modifié puis défait ; de la même façon, une personne peut appartenir à plusieurs réseaux (c'est-à-dire participer à plusieurs projets) simultanément et ce, de façon très facile.

En revanche, les modes de coopération sous-tendus par la plupart de ces collecticiels de projet, nous semblent davantage répondre à schémas hiérarchiques et autoritaires traditionnellement employés dans l'entreprise classique [Hanser et al., 2001]. Ces collecticiels génèrent une contradiction interne avec d'un côté, une technologie permettant une souplesse et une légèreté caractéristique de l'entreprise-projet, et de l'autre, des modes de fonctionnement trop souvent lourds et complexes. La faible utilisation qu'en fait actuellement le secteur du bâtiment peut s'expliquer en partie par leur inadaptation à supporter l'entreprise-projet, caractéristique de ce secteur.

Notre hypothèse est la suivante : en rendant le modèle coopératif utilisé par les collecticiels de projet capable de représenter correctement les relations qui s'instaurent entre les membres d'une entreprise-projet, nous pensons améliorer la performance des collecticiels existants en termes de sélectivité, de pertinence et de confidentialité des données partagées et ainsi d'augmenter les chances d'acceptation de ce nouvel outil auprès des professionnels.

I.2.1. Situations visées

Un travail dont le domaine d'application est l'ingénierie du bâtiment ne peut ignorer au moins deux niveaux opposés de réalité ayant cours pour les projets de conception-construction : celui des grands projets dans lequel le facteur de taille et de complexité demandent des organisations d'acteurs importantes et structurées (ex. les cabinets d'architecture comportent plusieurs dizaines voire plusieurs centaines de personnes) et la force des liens qui unissent ces organisations sont forts (ex. des acteurs se consacrent exclusivement à détailler les méthodes de travail et les interfaces entre entre les organisations) ; celui des projets modestes, dans lequel certes la complexité et la taille des projets sont réduites, mais où les organisations sont moins promptes à adapter leur méthodes à un projet particulier, où elles en sont aussi moins capables du fait de leur petite taille et du faible niveau de qualification et de formation de leur personnel. Les données du problème sont donc différentes selon que l'on s'intéresse au premier contexte ou au second.

Nous avons pris le parti de nous intéresser aux projets modestes faisant intervenir des organisations d'acteurs peu importantes dans leur taille et peu structurées, pour un travail au quotidien. Nous y voyons au moins deux justifications :

Les projets modestes sont les plus courants. Les solutions coopératives destinées aux grands projets (comme les armoires à plans informatisés que nous verrons plus loin) leur sont mal adaptées et il y a urgence, nous semble-t-il, à combler le fossé entre ces deux réalités.

L'innovation technologique peut venir de la base. Bien entendu, les solutions coopératives des grands projets, comme les armoires à plans informatisés, sont capables graduellement — et c'est au demeurant la stratégie conduite par les sociétés qui proposent des services d'armoires à plans informatisés — de s'adapter à des situations de projets de plus en plus modestes, mais nous pensons qu'il est utile d'accompagner cet effort par un développement « ascendant », qui profiterait d'abord aux projets modestes mais qui pourrait ensuite profiter aux projets de plus en plus exceptionnels.

I.2.2. Niveau d'anticipation de la proposition

Modéliser un collecticiel pour le secteur du bâtiment, c'est anticiper un contexte de pratiques allant de « plausible » à « futuriste » (en fonction des capacités d'évolution des professionnels vers les NTIC) dans un avenir allant d'« immédiat » à « lointain ». Il nous semble nécessaire de fixer par avance un terme temporel, même approximatif (il est difficile d'être précis), pour lequel notre proposition, dans la pleine maturité de son développement, se trouvera totalement justifiée. Pour cela, nous décrivons deux approches opposées, en formulant pour chacune d'elle une question qui en résume la problématique :

Réponse à court terme (maintenant) : « Aujourd'hui, quels solutions logicielles commercialement disponibles peuvent être mis dans les mains des professionnels du bâtiment pour coopérer, solutions qui minimiseraient l'effort d'apprentissage de la part des acteurs du secteur et les efforts d'intégration à leurs pratiques? ». Cette approche, réaliste par définition, tend à privilégier une opérationnalité immédiate de la solution au détriment sans doute de la puissance d'utilisation.

Réponse à long terme (5-10 ans ou plus) : « Sans considérer les limites du secteur à se former à des technologies informatiques complexes et à les acquérir massivement, sans même nous soucier des limites technologiques actuelles, imaginons des scénarios d'utilisation « idéale » de logiciels (et de matériels) et par suite, ces logiciels eux-mêmes? ». Certaines recherches prospectives sur les technologies portables et communicantes ou sur les environnements collaboratifs de réalité augmentée[6] en sont des exemples.

Nous adoptons une position intermédiaire, sans doute plus proche du « réalisme » de la réponse à court terme. Nous ne postulons pas l'évolution des pratiques professionnelles comme condition sine qua non à l'instauration d'un nouvel outil collaboratif ; nous croyons au contraire que l'outil doit se plier à des pratiques reconnues, et que manquer à cette règle conduit à un rejet de ses utilisateurs attendus. Modérons notre propos ; nous croyons aussi, et ce n'est pas contradictoire, que l'outil peut aussi susciter des pratiques nouvelles et contribuer à leur exploration. Il convient de se tenir en position d'observateur de ces tendances nouvelles.

I.3. L'acte de bâtir

I.3.1. Limitation du contexte d'étude

Le cadre de notre analyse du contexte de l'ingénierie du bâtiment s'est limitée initialement à la France d'aujourd'hui. La raison de cette limitation à la fois géographique et temporelle est de fixer un référentiel de pratiques connues et facilement documentables. Ces deux critères de limitation n'ont pas une pertinence absolue, et certaines pratiques du milieu de la construction traversent les frontières tandis que d'autres se transforment localement. Sans prétendre à l'universalité, notre analyse garde une validité relativement bonne dans des contextes relativement proches.

Les différences observables entre différents contextes géographiques ou différentes époques influent essentiellement sur la répartition des métiers, et le pouvoir et la responsabilité des acteurs. Aujourd'hui aux États-Unis, la mission de l'architecte par rapport au reste de l'équipe de maîtrise d'œuvre semble généralement plus limité qu'en France.

En France même, nous savons que ce poids relatif des métiers varie dans le temps ; au tournant du XXe siècle, l'apparition du béton armé dans la construction a renforcé le pouvoir de ceux qui avaient la maîtrise de son calcul dimensionnel, c'est-à-dire les ingénieurs.

I.3.2. Les acteurs

I.3.2.1. Famille d'acteurs

Le collectif d'acteurs, dans sa taille et dans sa configuration, varie considérablement d'une opération à une autre. Une opération moyenne de construction rassemble 3 à 8 entités de prestations intellectuelles et une vingtaine d'entreprises de construction. Cette variation n'est pas seulement liée à la taille du projet et à son

6 Voir les travaux menés au MediaLab (MIT Media Laboratory Research). URL : http://www.media.mit.edu

prix, bien qu'elle dépende largement de ces deux facteurs, mais également à sa complexité fonctionnelle et technique ; ainsi, la conception d'une salle d'opérations dans un hôpital fait intervenir des dizaines de spécialistes et des personnes compétentes. À l'opposé, la conception seule d'une maison individuelle ne requiert dans la majorité des cas que peu d'acteurs : un client et un architecte. Nous présentons un schéma général des acteurs et de leurs rôles (Illustration 1).

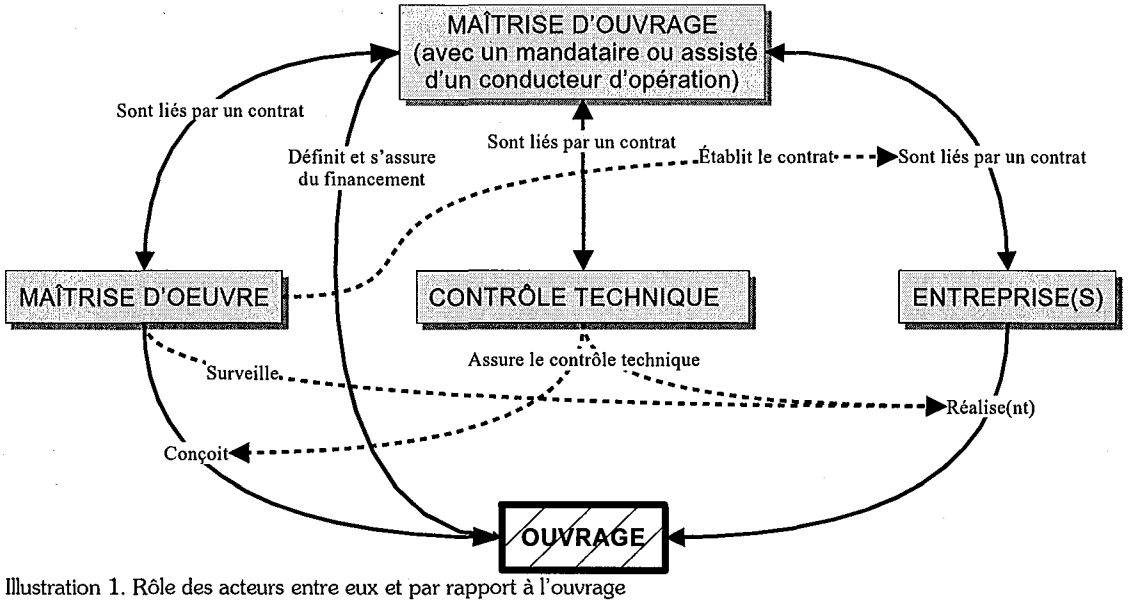


Illustration 1. Rôle des acteurs entre eux et par rapport à l'ouvrage

On repère néanmoins pour tout projet trois familles d'acteurs déterminées par trois grandes fonctions :

La maîtrise d'ouvrage (abrév. MOU) est la personne physique ou morale pour le compte de qui est construit l'ouvrage ; il est généralement le futur propriétaire. Dans le cas d'une opération particulièrement complexe, et en l'absence de compétences requises, le futur propriétaire s'adjoindra les services d'une ou plusieurs personnes qui seront alors reconnues comme maître d'ouvrage adjoints ou délégués. On classe traditionnellement les maîtres d'ouvrage en maître d'ouvrage public (État, établissements publics, collectivités territoriales, offices HLM, etc.), maître d'ouvrage réglementé (EDF, SNCF, Aéroport de Paris, etc.) et maître d'ouvrage privé (particuliers, association, promoteurs privés professionnels, etc.). Du type de maître d'ouvrage dépend des règles spécifiques de passation et d'exécution des travaux.

La maîtrise d'œuvre (abrév. MOE) est la personne physique ou morale qui réalise l'ouvrage pour le compte du maître d'ouvrage et qui assure la responsabilité globale de la qualité architecturale et technique, du délai et des coûts. Les principaux maîtres d'œuvre sont les architectes[7], les bureaux d'études techniques (abrév. BET), les économistes.

L'équipe de réalisation est celle que la maître d'ouvrage ou le maître d'œuvre a chargé par contrat de la responsabilité de l'ensemble de la construction d'un ouvrage. Les principaux réalisateurs sont les grandes entreprises de gros-œuvre, les entreprises de second œuvre et les artisans (ex. plâtrier, charpentier, menuisier, couvreur, électricien, peintre, chauffagiste, etc.). Participent aussi à la réalisation les coordinateurs SPS (Sécurité et Protection de la Santé) et la cellule OPC (Ordonnance-Pilotage-Coordination).

Nous ajoutons deux autres familles d'acteurs, plus distantes du projet architectural : Le contrôle technique a,

7 Dans certains pays anglo-saxons comme la Grande-Bretagne et les États-Unis d'Amérique, on trouve un acteur central de la maîtrise d'œuvre qui n'a pas d'équivalent dans le contexte français ; il s'agit du quantity surveyor qui gère et planifie le coût des projets sur la durée complète de l'opération ; son rôle consiste à s'assurer de la bonne marche du projet et de la conformité des coûts et des prestations réels avec ce qui a été planifié. Il reprend ainsi une part des attributions de l'architecte et de l'économiste en contexte français.

par son agrément officiel, la charge de certaines missions de contrôle (essentiellement la stabilité des ouvrages et la sécurité des personnes) dans le cadre de la conception ou de l'exécution de l'ouvrage. Sa présence n'est pas toujours obligatoire. Il n'est lié ni au maître d'œuvre ni aux entreprises et n'a aucun lien de subordination vis-à-vis du maître d'ouvrage.

Les acteurs annexes, liés ou non par contrat au projet, interviennent pour des missions et des périodes de temps limités, et n'engagent pas leur responsabilité. Ce sont les acteurs décisionnaires, c'est-à-dire dont l'accord est impératif à la poursuite de l'opération (ex. la mairie qui attribue les permis de construire), les acteurs consultatifs avec un niveau décisionnel moindre (ex. l'architecte des Bâtiments de France, jury de concours, commission technique, assurances, les industriels et fournisseurs, etc.).

I.3.2.2. Rôle de l'architecte

En France, il existe 27000 architectes et agréés en architecture répartis dans 15500 agences qui emploient 20000 salariés[8]. La moyenne est de un ou deux salariés par agence. La répartition s'établit comme suit :

60% des agences n'emploient aucun salariés,

90% emploient moins de 4 salariés,

150 structures emploient plus de 10 salariés.

Les deux tiers des opérations que les architectes ont en charge sont des opérations privées ; un tiers sont des opérations publiques. Deux tiers également (ce ne sont pas les mêmes que les premiers) concernent des travaux neufs, le dernier tiers concerne les travaux de réhabilitation ou de restauration.

L'architecte n'est pas un spécialiste comme la plupart de ses partenaires, c'est avant tout un homme de synthèse[9]. La qualité architecturale n'est pas la qualité cumulée de toutes les disciplines associées à la conception ; ce qui compte est l'affirmation d'une intention globale et cohérente. Dans un secteur où chacun tend à limiter sa responsabilité et son intervention, l'architecte apparaît parfois comme le seul protagoniste désireux d'atteindre cet objectif. Notre remarque fait sens au regard de la modélisation de la coopération. La place de l'architecte au sein d'un système d'information y est naturellement centrale.

Conséquence de ce rôle de synthèse, l'architecte est un intermédiaire entre les acteurs, et il prête assistance au maître d'ouvrage. La relation qui les unie est complexe ; l'architecte et le maître d'ouvrage ne peuvent véritablement se comprendre que si l'on considère, qu'en dessous des fondements contractuels et juridiques, leur relation repose sur la confiance (qui débute par exemple lorsque le client choisit l'architecte de son projet). Cette confiance initiale n'empêche pas que surviennent au cours de l'opération des moments de persuasion, de négociation ou de confrontation entre les deux parties[10].

I.3.2.3. Relation entre acteurs

Plus globalement, la relation entre acteurs est marqué par un partenariat de nature inconstant ; l'appel d'offres par projet est le principal mode d'attribution des marchés. Cette mise en concurrence entraîne une forte improbabilité de retrouver la même équipe sur des projets différents. Enfin, pour un projet donné, la multiplicité des acteurs et des centres de décision est un autre facteur de complexité des rapports de coopération parce que :

la séparation formelle entre clients, concepteurs, réalisateurs et contrôleurs techniques rend le centre de gravité décisionnel instable ;

le décideur n'est pas toujours le client final, c'est le cas par exemple lorsqu'un maître d'ouvrage délégué

8 Source : site internet de l'Ordre des Architectes (www.architectes.org)

9 Nous croyons utile de dénoncer ici un regard technocratique couramment rencontré, qui cantonne les architectes dans un rôle de spécialiste de l'esthétique et fait de l'architecture une discipline facultative lorsqu'elle n'est pas franchement superflue. La vision que nous défendons donne aux architectes un rôle particulier parmi ses partenaires de projet sans dévaloriser le métier de quiconque ni introduire de hiérarchies artificielles et partisanes.

10 Entretien avec G. Malot, architecte à Nancy.

assiste un maître d'ouvrage non-professionnel, ce qui entraîne une démultiplication des pouvoirs ;

il existe un nombre important de prescripteurs.

I.3.2.4. Indépendance des organisations

Nous voulons insister sur une caractéristique fondamentale du secteur du bâtiment. Il s'agit de l'indépendance des organisations. Pendant le projet, cette indépendance se manifeste par le fait qu'aucune organisation, aucun acteur n'a les moyens d'imposer son mode d'organisation du travail à ses partenaires. Cette indépendance ne signifie pas autonomie et l'ensemble des organisations doit s'entendre sur les interfaces, documents mais aussi modes de communication, rôles et responsabilités.

Comme l'écrit Auvolat [Auvolat et al., 1986], « il apparaît nettement que le milieu artisanal obéit peu à des impulsions qui prétendent le mettre en mouvement globalement. Le modèle de modernisation « étatico-corporatif » se heurte à des obstacles majeurs d'éclatement des besoins, de faiblesse du niveau moyen de formation, de rigidité des dépendances. La nécessaire recherche de stratégies de développement de l'artisanat du bâtiment doit donc passer par une approche plus inductive, attentive à la diversité des innovateurs, internes ou périphériques à ce milieu ».

À l'inverse de l'industrie manufacturière comme l'automobile, le bâtiment est un milieu professionnel « ouvert » [Midler, 1996], c'est-à-dire qu'il est fréquent que des organisations d'acteurs ne collaborent qu'une seule fois à l'occasion d'un projet, et qu'elles n'aient jamais plus à travailler ensemble. On définit par opposition le secteur automobile comme un milieu professionnel fermé dans lequel les possibilités d'alliance sont moins nombreuses du fait du nombre plus restreint des organisations et où elles engagent les parties dans des collaborations plus persistantes. L'intégration des organisations étant fortes et la durée de leur collaboration étant plus longue dans le contexte d'un milieu professionnel fermé, les comportements des acteurs sont plus soucieux sur le long terme de ne pas découvrir de conflits.

La situation évolue cependant et on remarque aujourd'hui que le contexte professionnel de l'industrie tend à prendre des formes moins intégrées, à l'image du bâtiment. Cette externalisation du travail renforce les fondements concurrentiels des organisations.

I.3.2.5. Une nouvelle génération d'acteurs

De manière simplificatrice mais néanmoins révélatrice, on pourrait percevoir deux grands types de population d'acteurs dans le bâtiment [Pierre, 1991] répartie à tous les niveaux (ouvriers et cadres, chantier et maîtrise d'œuvre). La première est constituée de personnes de plus de 45 ans, peu diplômées, ayant acquis une grande expérience et des responsabilités conséquentes, rétives à une modernisation par l'informatique dont elles ne partagent pas l'engouement. La seconde est constituée de personnes plutôt jeunes, récemment diplômées, peu expérimentées mais exigeantes d'un point de vue professionnel, et qui souhaitent mettre à profit les méthodes nouvelles dans l'exercice de leur travail.

On trouve par exemple beaucoup d'agences d'architecture dont le personnel et la direction appartient à ces deux types de population ; leur complémentarité au sein de la même organisation est un atout évident pour affronter le défi technologique. Les nouvelles compétences dans ce domaine sont d'ailleurs des arguments forts d'embauche auprès de la population « jeune ».

I.3.3. Les documents

I.3.3.1. Les objets intermédiaires

Le projet d'architecture est le lieu d'un échange d'informations diverses. Les documents sont un type d'objet informationnel particulier, mais l'information produite, utilisée, transformée durant un projet ne se limite évidemment pas aux seuls documents. Une conversation téléphonique, le caractère urgent d'un envoi, ou l'expérience passée sur d'autres projets, sont des éléments d'information qui ont leur importance et que doivent prendre en compte les acteurs.

Nous voudrions ici ouvrir une parenthèse et introduire une réflexion que nous inspire l'utilisation fréquente,

souvent abusive et floue du terme information (a-t-il toujours la même signification dans les expression suivantes : autoroute de l'information, société de l'information, rétention d'information, surcharge d'information). « Les données ne sont pas l'information ; l'information n'est pas la connaissance ; la connaissance n'est pas la sagesse »[11]: voici résumé dans une formule toute les précautions que nous devrions prendre lorsque nous parlons d'information. Dans le cadre de notre étude, nous employons le plus souvent la notion d'information dans un sens fini, celui de données.

Lorsque l'information prend une forme définie et traçable, on parle à la suite de Jeantet [Jeantet, 1996] d'objets intermédiaires. Les documents en font bien évidemment partie. Les objets intermédiaires constituent une ponctuation dans le temps ; ils résultent d'une matérialisation momentanée des interactions. Mais plus que cela, ils transforment l'action collective : par exemple, le document véhicule des demandes, des approbations ou des refus, infléchit des choix, repose la relation entre son émetteur et son destinataire, etc.

I.3.3.2. Les types de documents

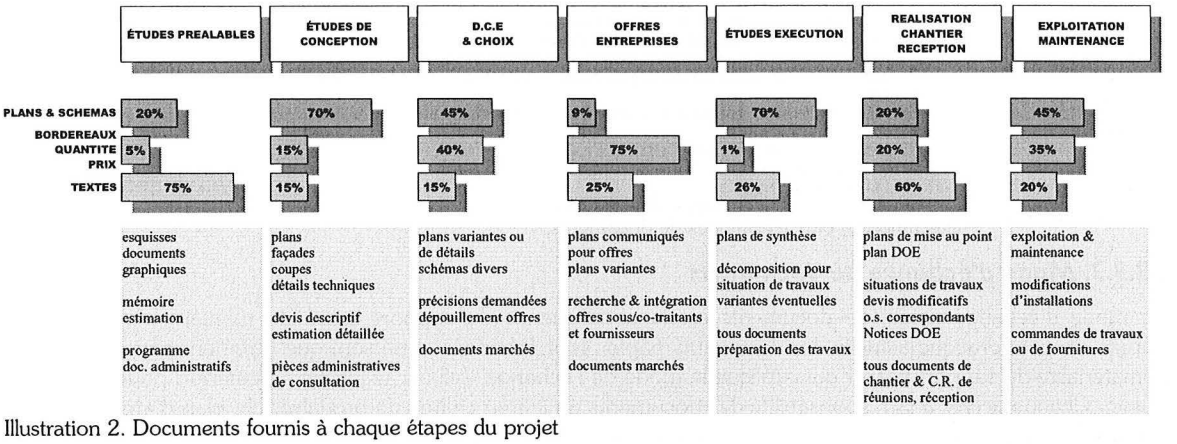


Illustration 2. Documents fournis à chaque étapes du projet

Le nombre et la nature des documents échangés au cours d'un projet est élevé [Rezgui et al., 1996]. Leur répartition relative dans les différentes phases est variable (Illustration 2 et Illustration 3). En plus de cela, la formalisation des documents est loin d'être partagée et il arrive souvent qu'un document soit ressaisi, informatiquement ou non, à l'issue d'un échange pour correspondre au formalisme d'une organisation donnée. On retrouve ici une conséquence de l'indépendance méthodologique des organisations.

Cependant, il est possible d'ordonner les documents en fonction de la diffusion dont il font l'objet :

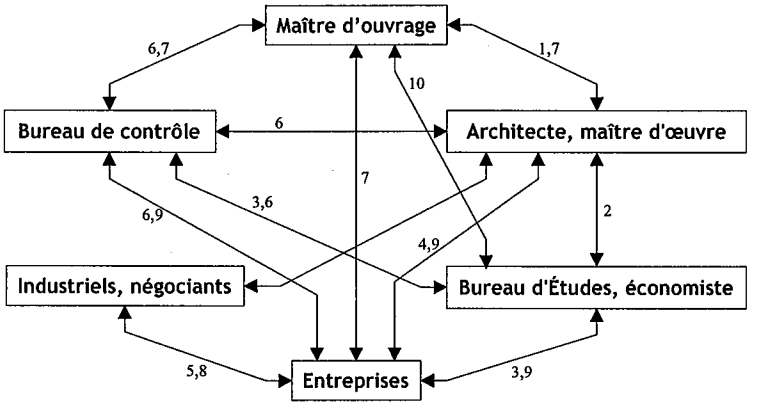
les inter-documents ; par extrapolation du terme d'intertexte, nous désignons par le terme d'inter-documents tous les documents qui véhiculent le savoir et l'expérience collective du domaine (livres, manuels, traités, revues, catalogues, bases de données, bases d'images, normes, texte juridiques, règlements divers, etc.)

les extra-documents ; ce sont les documents véhiculés entre acteurs lors d'une opération de conception-construction. Ils servent à échanger de l'information et à permettre le travail coopératif. Ce sont par exemple les pièces du marché et les documents graphiques.

les intra-documents ; ce sont les documents propres à un acteur et nécessaires à l'accomplissement d'une tâche ou d'une mission. Ces documents de travail n'ont pas a priori vocation à être échangés. Ce peut être

11 "Data is NOT Information — Information is NOT Knowledge — Knowledge is NOT Wisdom" ; nous n'avons aucune certitude quant à l'origine de cette formule et son auteur (les avis sont divergents d'une source d'information à l'autre). Ce qui fait davantage consensus est l'inspiration de cette formule ; il s'agirait d'une question posée par T.S. Eliot dans son recueil de poèmes Chorus from the rock :
"Where is the life we have lost in living?
Where is the wisdom we have lost in knowledge?
Where is the knowledge we have lost in information?"

les croquis, les notes sur un cahier.



(1) programme, esquisses, avant-projet sommaire, avant-projet détaillé, dossier de consultation des entreprises, décompte des travaux, dossier d'exécution des ouvrages
(2) esquisses, avant-projet sommaire, avant-projet détaillé, dossier de consultation des entreprises
(3) plan détaillé d'exécution des ouvrages
(4) dossier de consultation des entreprises, plan d'exécution des ouvrages, établissement des marchés
(5) commandes, factures, bordereaux de livraisons, accusés de réception, demande de prix
(6) contrôle
(7) signature de marchés, paiements
(8) recherche de produits
(9) suivi de chantier
(10) assistance au maître d'ouvrage, étude de faisabilité

Illustration 3. Flux d'échanges de documents

I.3.3.3. Mode d'échange de documents

Le mode d'échange actuel de documents est la conséquence du support utilisé de manière majoritaire, le papier. Dans la pratique actuelle, les documents papier sont échangés et ne sont que rarement partagés. Outre la matérialité du support papier qui explique le mode de l'échange, celui-ci se justifie a posteriori pour une autre raison. Chaque acteur a la responsabilité des documents qu'il a en charge de produire. Un plan d'architecte par exemple reste la propriété de l'architecte. Si un acteur tiers veut s'appuyer sur ce plan pour continuer son propre travail, il ne peut que travailler à partir d'une copie de ce plan ; en aucun cas, il ne dessine à nouveau sur le plan qu'à en main son propriétaire. Les responsabilités de chacun sont ainsi clairement distinctes et garanties.

L'échange consiste à transmettre un document à l'occasion d'une rencontre entre acteurs ou par courrier postal ; dans les faits, l'expéditeur prend préalablement soin d'en faire au moins une copie ; il transmet alors soit l'original soit la copie et conserve l'autre document. Le partage est nettement moins répandu parce qu'il est plus difficile à mettre en œuvre. Il existe toutefois une situation où l'on peut observer un partage de documents à l'intérieur d'une équipe hétérogène, au moment de la consultation des entreprises. Le document D.C.E est remis par le maître d'œuvre à une personne (ou un service) chargée de le reproduire ; cette dernière s'occupe alors de le diffuser auprès des entreprises qui en font la demande.

Ce mode de partage est actuellement l'exception. Il est une possibilité nouvelle offerte par les nouvelles technologies. L'échange conserve cependant un atout auquel ne peut que difficilement prétendre le partage. Il s'agit du contrôle de la diffusion du document ; l'expéditeur sait à qui et à quel moment il a communiqué un document. Ce mode comporte deux avantages :

Le destinataire ne peut ignorer le document directement transmis ; en cas de litige, l'expéditeur n'aura pas à se reprocher l'absence de prise en compte du document par ses partenaires.

L'échange permet de sélectionner les destinataires pour chaque étape de l'évolution du document et une gestion différenciée des relations d'échanges en fonction de la plus ou moins grande proximité conceptuelle des membres de l'équipe. Il est évident par exemple que le flux de documents est plus intense entre un cabinet d'architecture et un bureau d'études, qu'entre ce même cabinet d'architecture et le maître d'ouvrage qui n'est intéressé que par des documents finalisés des grandes phases du projet.

I.3.4. Les moyens de coordination

I.3.4.1. La coordination

La coordination est selon Malone et Crowston [Malone et al., 1993] l'activité consistant à gérer les interdépendances entre activités. Elle est d'autant plus nécessaire que les activités partagent entre elles des ressources (espace, temps, personnes, outils, information, etc.).

Le secteur de la construction utilise deux moyens privilégiés pour coordonner ses acteurs : les réunions de chantier, ou plus généralement les rencontres directes entre acteurs, et la planification par la mise en œuvre de techniques graphiques que sont les diagrammes de Gantt et les réseaux Pert.

I.3.4.2. Les réunions

Une réunion rassemble sur une durée relativement courte les acteurs essentiels aux activités en cours pour valider des choix et des décisions, puis décider de la suite de l'exécution de l'opération. L'organisation des réunions obéit dans le cas des réunions de chantier à une procédure formalisée ; les participants sont convoqués, un ordre du jour est établi, un rapport de réunion est envoyé à tout les participants, des pénalités sont infligées en cas d'absence, etc.

L'intérêt des réunions pour les acteurs vient justement du contact direct pour prendre rapidement des décisions. Leur importance sociale est telle qu'il serait difficile d'imaginer leur suppression, même si l'on sait que les technologies de communication permettent dans une certaine mesure de s'affranchir de l'inconvénient majeure des réunions, l'obligation de se déplacer. Il apparaît que les réunions sont extrêmement prisées par les acteurs du bâtiment, et qu'elles se déclinent sous un grand nombre de formes :

la réunion de chantier,

le jury de concours,

la commission d'avenants,

un rendez-vous entre le maître d'œuvre et le maître d'ouvrage,

réunion restreinte,

les points de contrôle dans les entreprises (point 20 chez Bouygues ; réunion à 20% d'exécution du gros-œuvre),

la réception du bâtiment.

On repère au moins quatre fonctions assumées par les réunions :

une évaluation du travail effectué jusqu'alors, et par exemple depuis la dernière réunion,

une prise en compte d'éléments nouveaux susceptibles d'orienter la marche de l'opération,

une actualisation des objectifs des moyens et des méthodes, ainsi que la proposition d'une nouvelle date de réunion,

l'écriture et la distribution d'un rapport de réunion aux acteurs concernés.

Cependant, les réunions ne font pas l'unanimité parmi les professionnels. Les arguments avancées tendent à montrer que dans certaines circonstances la multiplication des réunions est un facteur de non-qualité. Deux arguments sont évoqués :

Le rythme élevé des réunions gêne le travail. Lorsque pour un seul projet, l'équipe de maîtrise d'œuvre se rencontre deux ou trois fois par semaine, sachant que les délais sont courts, nous comprenons la pertinence de l'argument.

Les réunions convoquant un nombre élevé d'acteurs sont souvent moins prolifiques que les réunions « restreintes » parce que « tout ne peut pas se dire devant tout le monde ». Les précautions

de langage augmentent avec le nombre d'interlocuteurs.

I.3.4.3. Instrumentation de la coordination programmée

Dans un sens de contrôle de la coordination, la planification des tâches utilise deux techniques graphiques courantes que sont le diagramme de Gantt (Illustration 4)et le réseau Pert[12] (Illustration 5). Essentielles pendant les phases de chantier, elles sont néanmoins couramment employées sur la totalité de la durée d'une opération. La finalité de ce deux techniques est la même : coordonner les tâches afin de maîtriser les délais et les coûts.

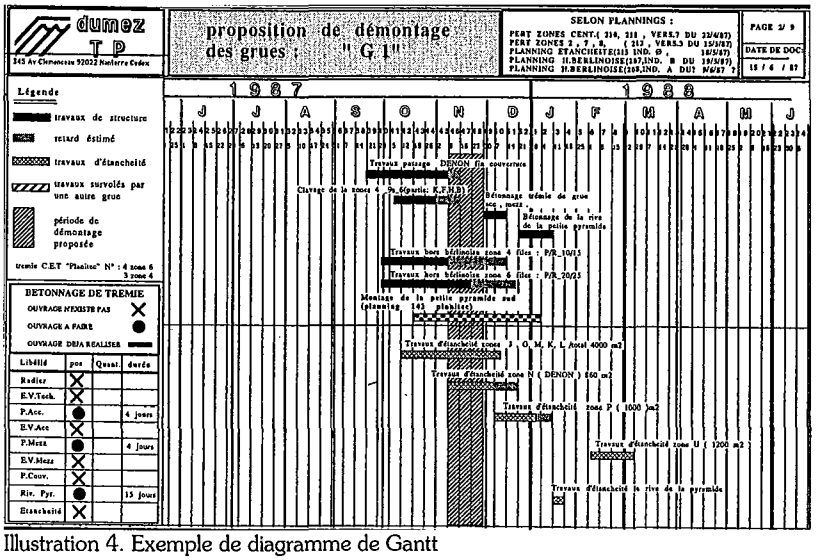


Illustration 4. Exemple de diagramme de Gantt

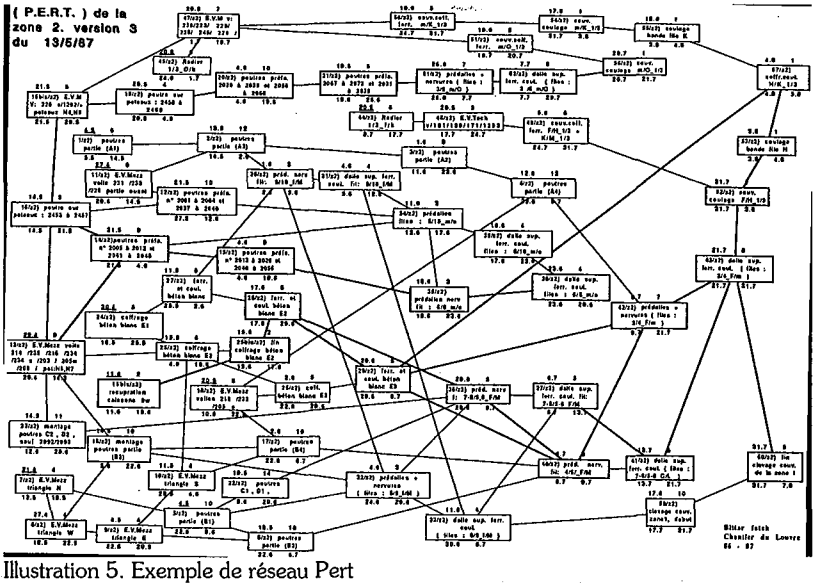


Illustration 5. Exemple de réseau Pert

Le réseau PERT montre davantage que le diagramme de GANTT la relation de dépendances entre les activités ; c'est en particulier cette caractéristique qui lui donne cette capacité à déterminer le chemin critique qui conditionne la durée maximale du projet. Le diagramme de GANTT permet quant à lui une bonne appréhension des durées relatives des activités et des recouvrements entre activités.

12 PERT : Project Evaluation and Review Technique (création en 1957 par l'U.S. Navy)

Dans les deux cas, ces méthodes permettent de :

1. définir les activités constituant le projet,
2. organiser les activités dans le temps (ordonnancement),
3. évaluer les dépendances entre activités,
4. évaluer l'effort nécessaire pour chaque activité,
5. affecter les ressources (personnel, matériel) aux activités.

I.3.5. La démarche

I.3.5.1. Durée du projet

Les activités de conception et de réalisation des ouvrages bâtis nécessitent du temps. Il existe au moins deux raisons : l'une interne, l'activité de conception est complexe, manipule de nombreuses données et contient une part d'irrationalité, l'autre externe, il existe une longue tradition des métiers et un système de corporation organisé de manière séquentielle.

Les avantages de la durée sont la prise en compte de nombreuses informations et la possibilité de tester plusieurs scénarios au cours d'un projet. Ses inconvénients sont l'obligation de nombreuses mises à jour des documents produits, le coût de ces mises à jour, les informations qui se perdent faute d'être suffisamment ciblées, les oublis de décisions antérieures, etc.

La réduction de la durée globale de conception peut participer à un processus d'amélioration de la qualité. Les secteurs de l'automobile et de l'aéronautique nous en donne l'exemple. La réduction du temps global n'est pas une diminution du temps utile, mais une réorganisation du temps. Elle passe en particulier par le parallélisme des tâches. Ce parallélisme permet de prendre en compte des points de vue que le « séquentiel » ne permet pas. Bien que la concourance de l'activité d'ingénierie soit clairement posée, on ne peut oublier que, si les objectifs des acteurs d'un projet d'architecture sont concourants, concevoir et réaliser un ouvrage, les intérêts de ceux-ci sont souvent concurrents en terme de priorité financière, qualitative, etc.

L'appréhension du temps est un élément déterminant pour approcher le travail coopératif. En effet, selon la finesse temporelle avec lequel on analyse une opération de conception-construction, depuis la vue reculée et globale des grandes phases d'un projet jusqu'à la vue rapprochée et microscopique des relations, l'unité de temps donne une mesure différente aux protocoles de coopération. Par exemple, le conducteur de travaux est à la croisée de ces multiples échelles de temps car il arbitre à la fois des contraintes de gestion appartenant au temps de l'entreprise et des contraintes de production appartenant au temps du chantier [PCA57, 1994].

Cette appréhension variable du temps donne lieu à des formes de gestion différenciées que sont la gestion par projets et la gestion de production : la gestion de projets adopte la position du projet et considère l'ensemble des acteurs (ou des groupements d'acteurs) réunis autour de lui, la gestion de production adopte la position d'un acteur (ou groupement d'acteurs) et considère l'ensemble de ses projets en cours. La gestion de production priment souvent sur la gestion de projet ; les entreprises et les artisans du bâtiment ont tendance pour des questions d'optimisation à privilégier leur intérêt propre (ex. le matériel ou le personnel temporairement inutile sur un chantier va travailler sur un autre).

I.3.5.2. Le phasage et la loi MOP

Avant de rentrer dans les détails, commençons à donner une image simplifiée des phases de toute opération de construction. On repère trois grandes phases : une phase de conception, une phase de réalisation (chantier) et une phase intermédiaire de consultation des entreprises. Il convient de noter que le collectif d'acteurs convoqués à l'occasion de la phase de conception et de la phase de réalisation n'est pas le même. L'apparition des entreprises au moment du chantier vient augmenter considérablement le nombre des intervenants. Ceci a une conséquence forte sur l'interdépendance des acteurs et les exigences en matière de coordination. Les diagrammes de Gantt ou de Pert sont alors massivement exploités ; les réunions de synthèse, les réunions de chantier jouent pleinement leur rôle pour synchroniser les interventions. On voit donc au cours d'une opération

se succéder deux moments très différents par la nature des opérations et des procédures engagées et par la structure d'acteurs déployée.

Nous allons maintenant examiner plus en détail le déroulement d'une opération et pour cela nous nous appuyons sur le déroulement tel que le stipule la loi française sur les marchés publics (Tableau 1).

La loi MOP définit précisément douze éléments de missions de maîtrise d'œuvre en fonction du type d'opérations (constructions neuves, réutilisation/réhabilitation, études spécifiques faisant appel aux entrepreneurs ou fournisseurs dès l'avant-projet). Il en dérive onze missions normalisées, depuis la missions de base (comportant sept ou huit éléments) jusqu'à des missions plus spécialisées ou complètes.

Les éléments de mission décrivent l'avancée du projet. Nous trouvons : les études d'esquisse (ou les études de diagnostic), l'avant-projet sommaire (abrév. APS) et l'avant-projet définitif (abrév. APD), les études de projet, l'assistance pour la passation des contrats de travaux, les études d'exécution, l'examen de la conformité au projet des études d'exécution et de synthèse, la direction de l'exécution des contrats de travaux, l'ordonnancement, coordination et pilotage du chantier, l'assistance du maître d'ouvrage lors des opérations de réception et pendant la période de parfait achèvement. On trouve quelquefois des études spécifiques au moment du projet ou de l'avant-projet (par exemple le traitement des sols).

Cette progression du travail va de pair avec un raffinement de l'échelle de représentation des documents graphiques, fixé par décret. Ainsi, les études d'esquisse se rendent du 1/500 au 1/200, les avant-projets sommaires du 1/200 au 1/100, les avant-projets définitifs du 1/100 au 1/50, le projet du 1/50 au 1/20 (voire 1/2).

Études d'esquisse (EDE)	Proposition pour une ou plusieurs solutions d'ensemble traduisant les éléments majeurs du programme ; indication des délais de réalisation ; vérification de la faisabilité de l'opération
Avant-projet sommaire (APS)	Composition générale en plan et en volume ; appréciation des volumes intérieurs et de l'aspect extérieur de l'ouvrage ; proposition de dispositions techniques ; précision du calendrier de réalisation
Avant-projet définitif (APD)	Détermination des surfaces détaillées de tous les éléments de programme, plans, coupes et façades ; principe constructif, matériaux et installations techniques ; estimation définitive du coût prévisionnel des travaux en lots séparés
Études de projet (EDP)	Spécifications des formes des différents éléments de la construction, la nature des matériaux et leur mise en œuvre; coordination des informations nécessaires à l'organisation spatiale des ouvrages ; établissement du coût prévisionnel et du délai global des travaux
Assistance apportée au maître d'ouvrage pour la passation du ou des contrats de travaux (ACT)	Préparation de la sélection des candidats et consultation des entreprises, analyse des offres et préparation des mises au point nécessaires à la passation des contrats de travaux
Études d'exécution (EEO)	Établissement de tous le plans d'exécution ; spécifications à l'usage du chantier, réalisation des plans de synthèse, élaboration d'un devis quantitatif et d'un calendrier par lots ou corps d'état
Examen de la conformité au projet des études d'exécution (ECE)	Vérification du respect des dispositions dressées par le maître d'œuvre dans les documents établi par l'entrepreneur

Direction de l'exécution du ou des contrats de travaux (DCT)	Vérification de la conformité des divers documents d'exécution, l'établissement des ordres de service, procès-verbaux et constats contradictoires nécessaires à l'exécution
Ordonnancement, coordination et pilotage du chantier (OPC)	Analyse des tâches élémentaires portant sur les études d'exécution, la détermination de leur enchaînement par des documents graphiques, l'harmonisation des actions des différents intervenants dans le temps et dans l'espace
Assistance apportée au maître de l'ouvrage lors des opérations de réception ainsi que pendant la période de garantie de parfait achèvement (ARA)	Organisation des opérations préalables à la réception ; examen des désordres signalés par le maître d'ouvrage ; constitution du dossier des ouvrages exécutés nécessaire à l'exploitation de l'ouvrage

Tableau 1. Éléments de mission de maîtrise d'œuvre pour les opérations de constructions neuves

Il est d'usage, mais cela ne constitue pas une obligation, que la maîtrise d'ouvrage privée prenne pour référence les missions d'ingénierie de la maîtrise d'ouvrage publique car ces dernières sont de bons repères au déroulement des opérations et des objectifs de chaque phase.

I.3.6. L'ingénierie concourante

I.3.6.1. Le modèle industriel

A plusieurs reprises dans le passé, des tentatives ont été menées en vue de rapprocher le fonctionnement du secteur du bâtiment de celui du secteur industriel ; ce fut la cas par exemple avec les procédés constructifs à base d'éléments préfabriqués. L'industrialisation du bâtiment dans les années 1950 et 1960 a conduit à une déqualification massive de la main d'œuvre et a entraîné le renforcement des normes qualitatives et des procédures de contrôle ainsi que le pouvoir des assurances (obligation pour le maître d'ouvrage de souscrire à l'assurance « dommages à l'ouvrage »). Derrière cette idée d'industrialisation se profile la volonté de diminuer la part des aléas inhérente à toute démarche de conception-construction. Si cela a pu influer sur le rôle des acteurs, les règles du travail collectif sont demeurées les mêmes.

Cependant, depuis une dizaine d'années, un certain nombre de facteurs macro-économiques touchant les deux secteurs les ont amené à modifier leurs modes de travail. Ces facteurs sont, nous les rappelons rapidement, une pression croissante de la concurrence et l'exigence faites aux acteurs d'une diminution des délais et des coûts de construction en même temps que le respect de « démarche qualité ». L'incertain est devenu un paramètre prépondérant dans la démarche de projet.

Le secteur des grosses industries, grâce à sa grande capacité d'adaptation et de remise en cause, et parce que le changement était urgent et vital, a développé une forme nouvelle de gestion du travail appelée ingénierie concourante ou ingénierie simultanée. Le bâtiment, parce qu'il fait preuve à l'égard du changement de plus d'inertie que l'industrie, a emprunté une voie plus adaptative, où des formes de travail traditionnelles cohabitent avec des formes émergentes de concourance.

Bien que nous ne puissions pas à proprement parler de « retard » du Bâtiment par rapport à l'industrie, il semble que ce fonctionnement montre des insuffisances et que soient aujourd'hui montrées du doigt une série de dysfonctionnements qui appellent une remise en question des pratiques vers des solutions plus radicales. Notre position ici n'est pas de promouvoir, et encore moins d'imposer, l'ingénierie concourante comme une réponse absolue aux problèmes rencontrés dans le bâtiment.

I.3.6.2. Généralités sur l'ingénierie concourante

La définition de l'ingénierie concourante comme une contraction et un chevauchement des interventions des acteurs dans un projet est une première esquisse encore incomplète. En réalité, ce chevauchement des interventions est une donnée résultante d'un mode de travail qui, avant tout, tente de donner une plus grande

souplesse au déroulement d'un projet et une réaction adaptée face aux imprévus ou aux dysfonctionnements ; cela engage la totalité des acteurs (participation accrue, responsabilisation) [Cleetus, 1992].

Dans [Midler et al., 1996], six principes de l'ingénierie concourante sont énoncés ; nous les examinons ici dans leur application au domaine du bâtiment :

Le renforcement du rôle de chef de projet défini par une responsabilité de résultat global. La notion de chef de projet est moins clair dans le bâtiment que dans l'industrie. Dans ce dernier cas, le chef de projet est désigné et connu de tous les participants ; dans le bâtiment, le rôle de chef de projet sera endossé successivement par un maître d 'ouvrage, un maître d'œuvre ou encore une entreprise, et ce, sans ordre préétabli de succession.

La prise en compte de singularités du projet et le rejet de processus-étalons uniquement sensibles au grand type du projet. La singularité peut être donnée par de multiples facteurs : l'expérience du maître d'ouvrage dans la construction et le financement d'opérations, l'obligation de recourir à un mode constructif non standard, des regroupements d'acteurs, des délais tendus, etc.

La recherche de compromis multi-critères et multivariables plutôt que l'idéal d'optimum locaux. Si, par exemple, la surface des ouvertures d'une façade permet d'obtenir un éclairement très satisfaisant mais nécessite par ailleurs un dispositif d'isolation coûteux réduisant la qualité d'autres prestations, le choix pourra être de rétablir un équilibre en diminuant légèrement la qualité d'éclairement.

L'adoption d'une démarche de focalisation progressive, c'est-à-dire la considération d'un maximum de paramètres dès les phases en amont, paramètres habituellement pris en compte tardivement. Ce principe fondateur de l'ingénierie concourante est sans doute le plus perturbant pour l'organisation professionnelle puisqu'il demande la participation précoce d'acteurs, en particulier des acteurs réalisateurs, les entreprises.

L'explicitation et la prise en compte de l'incertitude inhérente à toute démarche de conception. Profitant de l'application du principe précédent, c'est la capacité à anticiper et à répondre adéquatement aux « événements » , c'est-à-dire ce qui fait qu'une opération ne se déroule pas selon un processus préétabli. Notons que l'événement n'est pas un élément toujours négatif pour le projet, c'est le cas par exemple d'un changement du programme architectural. De la même façon, les changements intervenant à la suite d'un événement, parce qu'ils sont eux-mêmes producteurs d'objectifs et de choix stratégiques, sont des événements.

L'ouverture du projet à tous les acteurs. Nous voyons deux niveaux de compréhension de ce principe. Les acteurs « oubliés » sont d'une part, des acteurs indirects de la conception et de la réalisation comme les futurs utilisateurs, les assureurs, etc. D'autre part, dans l'entreprise même, dans le cabinet d'architecture ou le BET (Bureau d'Études Techniques), ce sont des employés qui détiennent les clefs d'une amélioration mais ne les donnent pas, n'ayant aucune chance d'être entendu sous la pyramide hiérarchique qui étouffe leur voix.

Les avantages attendus de l'ingénierie concourante se mesurent d'abord en terme de productivité et de rendement (baisse des coûts et des délais de production). Ensuite, ils s'expriment par une meilleure qualité de l'objet produit. Mais on relève deux ou trois autres améliorations dont les conditions d'émergence sont rendues favorables par l'ingénierie concourante ; ce sont la génération d'idées, la possibilité de l'innovation et le retour d'expériences.

La génération d'idées provient de « l'ouverture du projet à tous les acteurs » (accès facilité aux informations, écoute et prise en compte des avis) ; poussée à ses limites, elle débouche sur l'innovation. Le retour d'expériences, en élargissant le flux informationnels entre les acteurs de l'amont et ceux de l'aval (actuellement la « coupure » entre les concepteurs et les réalisateurs est souvent relevée) permet par la capitalisation de l'expérience passée de ne pas en reproduire les erreurs.

La mise en œuvre de ces principes dépend du vouloir et de la capacité des acteurs [Cleetus et al, 1992]. L'ingénierie concourante n'est pas une recette : mettre les acteurs dans un cadre favorable à l'ingénierie concourante, ce n'est pas automatiquement s'assurer de sa réussite.

I.3.7. Informatisation des professions

I.3.7.1. Rappel historique

Si l'on veut bien ne pas se limiter à une approche instrumentaliste, derrière les échanges d'informations numérisées se construisent des manières d'agir ensemble singulières [Cicognani et al., 1997] [Dong at al., 1995]. Distinguons deux moments dans ce développement. Les années 80 se caractérisent par une diffusion massive de « l'informatique métier ». Dans cette première période, l'informatique s'est contentée de transposer les pratiques de chacun des intervenants. Cette spécialisation des logiciels a même renforcé un cloisonnement des métiers ; on peut parler d'une informatisation autonome. Elle a augmenté fortement les productivités sectorielles sans favoriser les pratiques d'échanges de l'information et les rapports de collaboration entre acteurs.

Les années 90 ont vu l'émergence de l'informatique en réseaux [Hellmuth, 1993] [Nam, 1998]. Ceux-ci introduisent un tout autre changement. En augmentant l'accessibilité en temps réel à une multitude d'informations, en réduisant encore les temps de la conception, en rendant possible une synchronisation forte des décisions, les réseaux induisent le passage d'une ingénierie fortement discrétisée à une ingénierie de plus en plus simultanée.

I.3.7.2. Influences de l'informatique

Les pratiques séculaires de collaboration se trouvent donc requestionnées par cette concourance des informations qui obligent à redéfinir les méthodes et les outils de décision et de conception. Peut-être n'est il pas inintéressant de remarquer que dans le domaine de l'architecture et de la construction, le terme aujourd'hui admis « ingénierie » se substitue de plus en plus à celui plus convenu de « génie ». Ce glissement dénote à sa manière le passage d'une organisation séquentielle de génies à un système plus complexe et fortement interférant de méthodes et d'outils mettant en concourance plusieurs génies. Au fond, le concept contemporain d'ingénierie concourante ne fait que marquer le passage d'une collaboration séquentielle de compétences à un système coopératif simultané.

On relève deux points, qui ne sont pas à proprement parler des problèmes, mais qui ont limité jusqu'à aujourd'hui l'usage de l'informatique et des documents électroniques :

La prééminence du support papier et plus généralement l'attachement à la matérialité des supports. Hérité de pratiques séculaires, il est majoritairement utilisé dans les échanges qu'ils soient graphiques ou textuels. Outre cela, il conserve l'avantage de la souplesse d'utilisation (annotation des plans, visualisation aisée) et une valeur contractuelle car ce sont des documents papier qui sont exigés et non leurs versions électroniques.

La modélisation graphique est presque toujours effectuée en mode bidimensionnel (2D), le mode tridimensionnelle n'est que rarement exigé. Les échanges portent donc sur des représentations traditionnelles (plans, coupes, façades) plutôt que sur des maquettes « virtuelles » en 3D.

Si l'on considère qu'il existe analytiquement deux dimensions à la pratique des professionnels [Chimits et al., 1996], l'une intrinsèque et non substituable qu'on appelle communément le « métier », l'autre étant la part des activités engageant d'autres acteurs et se traduisant par des modes de coopération institués, contractualisés ou informels, on peut dire que l'informatisation affecte ces deux dimensions à la fois. La première, par l'introduction des modes de représentation (par les systèmes de CAO/DAO) voit modifiés ses modes de conception tandis que la seconde voit requestionnés les modes de coopération entre les acteurs.

I.3.7.3. Demande des acteurs

S'il est un phénomène qui évolue, c'est bien la demande des professionnels pour des solutions logicielles permettant d'améliorer les échanges de données. Cette exigence, inconnue ou timidement formulée il y a quelques années, devient une des préoccupations fortes des professionnels.

La demande pour un changement s'affirme principalement dans le besoin d'améliorer les transferts d'informations informatisées. Il est remarquable que cette demande vienne d'abord des structures de grande

taille comme les entreprises générales parce que ce sont elles qu'intéresse le plus l'amélioration des procédures d'échanges. Pour certaines d'entre elles, il y a au moment de l'appel d'offres une perte de temps à ressaisir l'information communiquée par la maîtrise d'œuvre sous forme papier, ou sous forme électronique (jusqu'à présent sur disquettes)[13]. Lorsque le dossier est rendu à l'équipe de maîtrise d'oeuvre, le même travail de ressaisie recommence en sens inverse ; enfin, l'entreprise retenue pour le marché récupère le dossier et recommence une troisième fois.

I.3.8. Problèmes et difficultés

I.3.8.1. La non-qualité

La non-qualité dans la construction est donc estimée à 50 milliards de francs par an[14]. Les problèmes se manifestant sur le bâtiment terminé coûtent environ 10 milliards de francs par an :

Réclamations de clients (problème esthétique, finitions, malfaçons diverses) ;

Sinistres couverts par les garanties de bon fonctionnement et décennale ;

Défauts de conformité à la réglementation technique.

Les autres problèmes coûtent environ 40 milliards de francs par an :

Problèmes d'organisation interne dans les entreprises, dans les agences d'architecture, dans les sociétés de maîtrise d'ouvrage ;

Gaspillage de temps pendant les études ;

Reprises d'ouvrages mal exécutés, accidents, litiges, temps perdu sur le chantier.

L'accroissement des exigences qualitatives conduit le secteur du bâtiment à s'inspirer des solutions du secteur industriel. On retrouve dans les publications du PUCA (Plan Urbanisme Construction Architecture) des thématiques sur l'innovation, les procédures qualités (norme ISO), ou les organisations qualifiantes.

I.3.8.2. Identification des problèmes

Certains problèmes rencontrés par les acteurs lors du projet d'architecture peuvent trouver dans les outils de communication actuels des formes de réponse au moins partielle. L'approche de la coopération par la prise en compte de problèmes constitue donc une voie de recherche.

De nombreuses études ont tenté de cerner les causes de dysfonctionnements dans le secteur. Nous en établissons ici trois catégories, deux relatives aux pratiques et une relative à l'informatisation :

les problèmes structurels du bâtiment,

les défaillances des acteurs,

les difficultés liées à l'utilisation de l'informatique.

I.3.8.2.1. Les problèmes structurels

Ce sont de loin les problèmes les plus difficiles à résoudre car ils mettent en cause la nature même des relations entre les acteurs et le système de valeurs des acteurs.

> L'utilisation systématique de standards constructifs au détriment de technologies innovantes. Aux yeux des acteurs investisseurs, c'est-à-dire principalement du client et des entreprises, toute opération de construction représente un risque financier qu'il convient de ne pas amplifier ; l'innovation s'oppose à l'expérience et, contrairement à cette dernière, ne rassure pas les investisseurs. Dans un grand nombre de cas, c'est « la loi du minimum réglementaire » qui

13 Entretien avec Romain Heckler (entreprise générale Pertuy)

14 Source : Agence Qualité Construction (www.aqc.com)

s'applique[15] (les surfaces d'habitation des logements collectifs, les coefficients d'isolation phonique, etc.).

La coupure entre l'équipe de conception et l'équipe de réalisation. On la décrit parfois comme la coupure entre « la tête et les bras », ou encore entre « les cols blancs et les cols bleus ». Dans bien des cas (et peut-être dans tous), nous pouvons mettre ces problèmes sur le compte d'une déficience de « l'information » (et nous laissons volontairement ouverte cette notion d'information) dans sa nature ou ses effets. À première vue, nous citons le manque d'information, le retard de l'information, la fausseté ou la dénaturation de l'information, l'imprécision de l'information, le manque de spécificité de l'information, etc.

La coupure entre la maîtrise d'œuvre et la maîtrise d'ouvrage. Car dans la conception d'un projet architectural, la définition du problème et la résolution du problème sont deux activités inséparables et interagissantes. Le programme donné par le maître d'ouvrage et le projet rendu par la maîtrise d'œuvre sont les deux faces d'un même problème. Or l'équilibre décisionnel qui devrait en résulter n'est pas toujours respecté ; on peut l'apercevoir dans un adage répandu chez les architectes : « le client paye, il a raison ».

La coordination par contrats de résultats entre « boîtes noires » rend difficile des ajustements fins entre les responsables de lots. Cela n'encourage pas la solidarité des participants et chacun se réservant un espace de liberté et prenant garde à ce que les autres ne viennent pas empiéter sur cet espace. Or la réalisation d'un projet de conception demanderait un compromis entre ces espaces d'intervention.

L'indéfinition relative de certaines tâches imparties à chacun des acteurs met en cause la cohérence de leur production et est à l'origine de nombre de conflits. Les documents contractuels, dont une vertu devrait être de donner à chacun un cadre de responsabilités, se dérobent parfois à leur objectif par manque de spécificité et d'adaptation aux destinataires. Mais ce qui apparaît au prime abord comme un écheveau d'entraves à la communication est pleinement intégré dans un jeu d'acteurs reposant sur des imprécisions et une carence de l'information. Les intervenants savent en tirer partie dans des situations de négociations ou de conflit. En tout état de cause, il y a toujours un acteur qui arbitre ces situations litigieuses. Le centre de gravité au regard des responsabilités et des décisions se situe, pour être général, entre la maîtrise d'œuvre et la maîtrise d'ouvrage. Les conséquences directes de cette situation sont un système qui ne favorise pas la prise de risque, une implication minimale des acteurs, un raisonnement à partir de standards, enfin une quasi-absence d'innovation technique.

I.3.8.2.2. Les défaillances d'acteurs

L'absence de lecture des documents, les retards, les interventions non-conforme au stade d'avancement du projet, les lenteurs, sont quelques-unes des défaillances identifiées. Elles engendrent dans le quotidien des acteurs une série de problèmes qui appellent une résolution urgente. Leurs effets négatifs sont dans une certaine mesure quantifiables et mis en évidence par le fait qu'au terme d'un projet ou d'une de ses phases, au moins un des facteurs délais, coût ou qualité demeure en deçà des attentes initiales (ex. le retard de livraison d'un produit relève d'un problème de délai). Ces défaillances, parce qu'elles peuvent être volontaires ou non sans jamais être clairement exprimées comme telles, constituent pour les acteurs des moyens d'action ou de protection de leur espace de liberté respectif :

Pour des raisons stratégiques, un acteur fait de la rétention d'information : par exemple, pour discréditer un partenaire, il ne lui donne l'information qu'aux compte-gouttes, peut-être en vue d'écarter ce partenaire, ou pour prétendre à des honoraires plus élevés que celui-ci (« j'ai plus travaillé que toi »). La concurrence des acteurs est un phénomène réel et courant qu'il faut prendre en considération.

L'oubli, en toute bonne foi, est une deuxième cause de manque de coordination. L'oubli peut s'expliquer par la surcharge de travail (les acteurs sont engagés dans plusieurs projets simultanément). L'oubli est d'autant plus probable dans les organisations peu structurés.

15 Entretien avec Guy Malot (architecte à Nancy).

I.3.8.2.3. Les difficultés de l'informatisation

Les expériences informatiques, encore relativement récentes, dans le domaine de l'architecture et du BTP, appellent de notre part quelques commentaires :

La plupart des petites entreprises éprouvent des difficultés à maîtriser l'informatique la plus élémentaire. Leur réticence provient autant d'un défaut de compétences de leurs équipes que de l'attachement à des modes de communications traditionnels (comme l'engagement sur parole), ces derniers ayant cours parallèlement à des modes de communications plus stratégiques et formelles.

La nécessité et l'utilité des échanges informatisés n'apparaissent pas évidents aujourd'hui pour les petits projets qui se heurtent à des problèmes complexes. La complexité peut être de nature physique et scientifique mais elle est aussi de nature humaine et provient de l'accumulation des « habitudes » et des « attitudes du passé ». L'utilisation plus avancée de l'informatique, inévitablement engendrée par de nouveaux moyens de communication, réclamera des compétences. Le diapason sera donné par l'intervenant le moins rompu aux nouvelles techniques. La nouveauté n'a aucun attrait pour qui n'est pas capable de l'affronter.

La connexion par réseaux apporte la possibilité de travailler simultanément, en « temps réel ». Ce changement n'est pas du goût de beaucoup de professionnels qui professent que leur travail a besoin de mûrir, que le « silence radio » est souvent nécessaire, que la maîtrise du temps par la temporisation est préférable à la production en flux tendus.

Le nombre de participants à une collaboration informatisée reste une question ouverte. Des expérimentations en réhabilitation ont par exemple été menées en intégrant des acteurs jusque là ignorés (les locataires et les ouvriers). Elles ont montré, entre autre, que l'événement, ce qui fait que le chantier ne se déroule pas suivant un schéma prédéfini, n'est pas seulement l'expression d'un dysfonctionnement, il est au cœur de l'activité du bâtiment et que des acteurs spécifiques comme les ouvriers sont parfois au cœur de la connaissance de la résolution des événements.

L'équilibre actuel entre acteurs est menacé aussi par la communication graphique informatisée qui pose le problème du transfert des charges de travail, et par conséquent, le transfert des responsabilités : en effet, il y a un transfert du travail du destinataire, qui devait auparavant ressaisir, vers l'expéditeur, qui assure désormais la saisie au profit du destinataire.

Les facteurs de préférence d'un média par un acteur est fonction de ses qualités : sa spontanéité, son coût, son caractère informel, l'intérêt ou non d'un contact direct ou d'une trace, sa facilité d'usage. Cette diversité ne doit pas être réduite par l'utilisation de moyens informatiques, et il serait aussi irréaliste qu'inutile de vouloir imposer le seul média informatique en remplacement de tout autre.

Le risque d'exclusion de certains professionnels qui n'ont pas fait le choix de l'informatisation.

Nous venons de pointer les faiblesses des acteurs ; nous n'oublions pas les faiblesses des solutions logicielles elles-mêmes:

La multiplication des formats d'échange propriétaires, notamment graphique, et la mauvaise qualité de conversion des uns aux autres se traduisant notamment par des pertes d'information, voire des distorsions ou des erreurs.
La faiblesse sémantique des formats, leur incapacité à échanger des données non-graphiques, à gérer les différents sens attachés aux données, à travailler sur des objets incomplètement décrits, etc.
la lenteur actuelle des communications par modem, surtout lorsque l'on considère le volume des données qui s'échangent, le prix de la connexion à la durée qui impose un travail hors-ligne avec seulement quelques moments de connexion, les problèmes de sécurité et de fiabilité.

I.3.8.3. Obstacles à la concourance

Si des formes de concourance sont relevées d'ores et déjà dans le Bâtiment, c'est d'une façon partielle (entre un nombre réduit d'acteurs pendant une période limitée) et sans une volonté claire pour les généraliser.

Car, si l'on peut parler de concourance sur l'objectif (un ouvrage à réaliser), il y a bel et bien concurrence sur les intérêts. Typiquement, le client désire payer le moins pour les meilleures prestations ; l'entreprise au contraire désire gagner le plus d'argent en construisant de la manière qui lui coûte le moins. Ces conflits font partie, si l'on peut dire, de la règle du jeu. D'autres conflits presque toujours dérivés de ce conflit initial interviennent au cours du projet. La voie de réponse proposée par l'ingénierie concourante repose sur l'institution d'un terrain de négociation reconnu par tous ; si l'ingénierie concourante réclame une communication plus large et plus fluide entre les acteurs, cela passe sans doute par la déclaration et l'explicitation de tous les actes et décisions, et un respect de tous sur cette nouvelle règle. Un grand nombre de conflits ne trouvent pas de solution parce qu'ils ne sont pas, ou mal, posés. Cette nécessité de « transparence » est un changement par rapport au jeu traditionnel des acteurs où l'on s'accommode du flou pour gagner en souplesse. Cette méthode est optimiste mais inadaptée à la résolution de situations litigieuses. Ce point est celui qui plaide le moins en faveur de l'ingénierie concourante parce qu'il est celui qui demande des changements importants dans l'organisation professionnelle.

La structuration des professions est un autre point difficile. Il y a un dédoublement des compétences entre, par exemple, des BET indépendants et des services BET internes à une entreprise générale (idem entre l'économiste et le service prix d'une entreprise). Ces faiblesses sont des points de rupture dans la communication inter-acteurs, soit par manque de qualité de la communication, soit par manque de communication tout court.

I.3.8.3.1. Les marchés

La réglementation française des marchés et des appels d'offres publics est dense et complexe, il n'est pas dans notre propos de l'expliquer ici. Le marché privé n'est quant à lui soumis à aucune réglementation, sauf cas exceptionnels retenus par la loi. Peu importe les nuances introduites entre les différents modes de dévolution (ou de passation), retenons que la grande majorité des opérations optent pour un mode de passation par appel d'offres (ouvert ou restreint) ; dans ce mode, l'entreprise générale, ou le groupements d'entreprises, ou les entreprises séparées ne débutent leur intervention dans le projet qu'à partir du moment où celui-ci a été entièrement conçu par l'équipe de maîtrise d'œuvre.

Cette arrivée différée des entreprises dans le projet a une forte incidence sur le déroulement de l'opération. En effet, les entreprises vont remettre en cause des partis-pris techniques du projet afin d'en permettre la réalisation selon leur savoir-faire, selon aussi la marge bénéficiaire qu'elles en attendent. C'est dire que la phase de chantier n'est pas qu'une phase d'exécution de l'ouvrage selon les prescriptions définies aux phases de conception, mais une phase de renégociation entre les entreprises, la maîtrise d'ouvrage et la maîtrise d'œuvre.

Il existe des situations où les entreprises s'insèrent dès les phases de conception ; ce sont les mode de passation selon appels d'offres en conception-construction, et des variantes moins usitées.

I.4. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons tenté de présenter le secteur de l'ingénierie du bâtiment, en insistant sur ses spécificités. Bien sûr, cette connaissance est nécessaire à la compréhension de notre problématique et les points soulevés sont ceux que posent l'élaboration d'un modèle pour la coopération.

La conception des espaces bâtis est une activité mobile et ouverte. On peut la résumer en quelques points :

Le nombre élevé des intervenants, la diversité de leur culture, l'hétérogénéité de leur structure.

L'indépendance financière, décisionnelle et méthodologique ; les organisations sont extrêmement indépendantes les unes des autres, n'obéissent à aucune instance supérieure et ne peuvent donc imposer à personne leur propre point de vue.

La recomposition perpétuelle des équipes d'un projet à un autre, qui gêne l'instauration de protocoles

valables dans la durée et pour toutes les équipes.

La multiplicité des types d'informations (ex. plan, spécification, rapport de situation, notes de services, CCTP, etc.), de leur media (ex. papier, parole, maquette, échantillons, électronique, etc.) ,de leur support (ex. écrit, tabulaire, graphique), et de leur présentation (ex. différence dans la codification graphique des plans).

La faiblesse du niveau de formation à l'informatique chez les professionnels.

Derrière ses facteurs structurels se profile ce que nous appelions en début de chapitre l'entreprise-projet. C'est par l'absence de prise en compte de ces facteurs que les collecticiels actuels sont inaptes à représenter les situations de projet ayant cours dans le bâtiment. Nous verrons dans le chapitre suivant quelques-uns de ces collecticiels de projet ; nous tenterons alors de cerner plus précisément les causes de leur inadaptation.

II. État de l'Art

II.1. Introduction

Les quatre parties qui composent ce chapitre sont :

Un point sur les données. Il ne s'agit là d'un état de l'art superficiel sur les données (bases d'information professionnelle, messages structurés EDI) et les modèles de données (STEP et IFC) applicables à l'architecture et au BTP (pour cela, on pourra se reporter à [Sahnouni, 1999]). Mais la question des modèles de données est indissociable de la problématique globale de la coopération par voie informatique. Il s'agit donc de voir succinctement ce que ce domaine de recherche a déjà produit, afin de comprendre quelles évolutions on peut attendre des produits destinés au TCAO (Travail Collaboratif Assisté par Ordinateur).

L'état de l'art des modèles de coopération. Modéliser un collecticiel pour la coopération nécessite de se représenter, au travers de modèles, ce que nous entendons par coopération. En réalité, il n'y pas aujourd'hui un modèle standard de la coopération, mais plutôt une multitude d'approches partielles de cette question. Nous en examinerons quatre, l'une indépendante du contexte sectoriel (modèle ICM) et les trois autres appropriées aux situations de co-conception.

L'état de l'art de l'analyse des collecticiels. Avant d'examiner les collecticiels eux-mêmes, nous verrons comment ceux-ci ont pu être analysés par différents auteurs. Dans ces analyses, nous distinguerons celles qui s'appliquent à décomposer les fonctionnalités des collecticiels (grille fonctionnelle, modèle tripartite, modèle de Denver, trèfle coopératif) de celles qui recadrent les collecticiels dans un dispositif plus global d'outils et de pratiques (difficultés des collecticiels, stratégie pour les équipes virtuelles).

L'état de l'art des collecticiels. Nous verrons d'abord un exemple particulier de collecticiel déjà employé dans le secteur du bâtiment ; celui des armoires à plans informatisés. Ensuite, nous étudierons des solutions émergentes : les collecticiels intégrés (ou logiciel augmenté de fonctionnalités de groupe), les environnements d'annotations et de surlignage coopératifs, les gestionnaires de flux de tâches et les collecticiels de projet en ligne.

II.1.1. Domaines de recherche

Les domaines de recherche intéressés par la problématique large de la collaboration sont multiples. Évidemment, notre souci de modéliser un environnement d'aide à la collaboration nous conduit à nous intéresser principalement au domaine de la recherche en informatique. Nous citons ci-après quelques autres domaines de recherche liés à cette problématique :

La recherche organisationnelle s'intéresse à la performance (économique, stratégique, fonctionnelle) des organisations, aux moyens de l'améliorer et aux moyens de la mesurer. Dans le champ de l'architecture et du BTP, les préoccupations autour de l'ingénierie concourante en font partie.

La recherche en psychologie étudie les comportements individuels et collectifs lors d'interactions collaboratives. Une des formes dérivées de cette recherche est la recherche autour de la théorie des jeux

(dilemme du prisonnier itéré[16]) et l'étude des comportements d'agents (humain ou simulation informatique) en situation de compétition et de collaboration [Axelrod, 1997] qui fournissent un cadre théorique à la modélisation de la collaboration.

La recherche sociologique s'intéresse au système des acteurs, à l'origine sociale des personnes et en observent les lois ou les régularités. Les recherches sociologiques permettre par exemple d'avancer des explications à l'importance de l'oral pour les acteurs du bâtiment.

La recherche épistémologique vise à comprendre la formation de la connaissance. Un exemple de recherche dans ce domaine sera abordé plus loin ; il porte sur les objets médiateurs [Jeantet et al., 1996] (les objets médiateurs de la conception collaborative sont un type d'objets « intermédiaires » (à la fois image instantanée, passée et en devenir du produit à concevoir) qui transitent entre les acteurs et dont l'existence est motivée par la multiplicité des sémiotiques engagées).

II.1.2. Recherche informatique

Les technologies informatiques d'aide à la coopération appartiennent à des domaines variés de la recherche et du développement. Cependant, on peut analytiquement séparer le travail autour de la structuration des données et le travail autour de l'organisation des échanges, ce que Darses [Darses et al., 1996] fait correspondre à deux besoins : la synchronisation au niveau cognitif et la synchronisation au niveau des actions. Historiquement, le premier axe de recherche a été celui des données et de leur modélisation ; cet axe est mieux formalisé par les acteurs (codes, métiers, outils) et c'est pourquoi il a de l'avance sur celui des échanges. Le deuxième axe, on le verra par la suite, est plus que le premier dépendant de facteurs humains et sociaux, ce qui est une autre manière d'expliquer son relatif retard.

Il est certain qu'une coopération « numérique » complète passe par des réponses à ces deux questions, données et organisation des échanges. C'est pourquoi nous consacrons ici ce chapitre à la question des données et de leurs modèles. Une autre raison peut être avancée : c'est la fusion nécessaire et certaine entre ces deux axes de recherche aujourd'hui encore trop complexe pour être facilement réalisée.

II.2. Les données et les modèles de données

II.2.1. Les banques d'informations professionnelles

Techniquement parlant, une banque d'informations est un entrepôt de données numériques accessibles par internet ou par minitel. Les banques d'informations professionnelles délivrent une information destinée aux professionnels du bâtiment. Nous en parlons ici dans la mesure où l'appel à ces services se fait de manière opportuniste et sans que la relation qui les lie à l'utilisateur soit continue. Nous les mentionnons néanmoins ici parce que leur rôle nous semble primordial. En effet, les informations avec lesquelles travaillent les professionnels du bâtiment sont sujettes à variation (ex. concours, réglementation, nouveaux produits, etc.) et il appartient au professionnel de se tenir constamment informé ; cela passe par exemple par l'abonnement à des revues professionnelles (ex. Le Moniteur).

Les banques de données disponibles d'ores et déjà sur internet proposent des services variés. Citons :

Les bourses d'affaires électroniques ;

Annuaires jaunes des architectes, des entreprises, des hommes de loi,

Profil d'entreprises,

16 Le dilemme du prisonnier (découvert en 1950 par Melvin Dresher et Merill Flood) se présente sous la forme d'un jeu : deux complices d'un délit sont arrêtés et interrogés séparément. L'un et l'autre peuvent faire cavalier seul au détriment de l'autre en avouant et en espérant ainsi écoper d'une peine plus légère. Mais si les deux parlent, leurs aveux perdent de leur valeur. En revanche, si les deux coopèrent en refusant d'avouer, le tribunal ne peut les inculper que pour un délit mineur.
Le dilemme du prisonnier sous sa forme itérée suppose que le même dilemme recommence indéfiniment ; chaque complice peut fonder sa réponse sur la connaissance des expériences précédentes.

Appels d'offre,

Baromètre économique,

Services financiers.

Questions et informations professionnelles ;

Art et architecture,

Informations juridiques, catalogues de produits, avis techniques, prix,

Données du cadastre, photographies aériennes,

Recherche de produits.

Communication ;

Messagerie, forums, revue de presse,

Agenda des expositions, foires, conférences,

Bulletins météorologiques, travaux routiers.

Application métier ;

Test ou rapport d'utilisation de logiciels,

Bibliothèque en ligne d'éléments de dessin pour la DAO,

Application communautaire.

Sans anticiper davantage notre discours, remarquons qu'il existe aujourd'hui de nombreuses sites internet qui prétendent être des sites « portails » pour les acteurs du bâtiment. On constate que certains d'entre eux améliorent leur prestation en ajoutant un service de projet en ligne (nous verrons plus loin en quoi ces services consistent). Il n'y rien de surprenant à cette association d'un service d'information et d'un service de collaboration ; en effet, pour les responsables de ces sites, cette association est porteuse sans doute d'une véritable efficacité.

II.2.2. Les îlots d'automation

En 1987, au début encore de la recherche sur les modèles de données orientés « bâtiment », Hannus crée le dessin (Illustration 6) d'un archipel perdu au milieu de la mer. Ce dessin est en réalité une représentation allégorique de l'évolution de la recherche informatique dans le domaine de la modélisation de données pour le bâtiment.

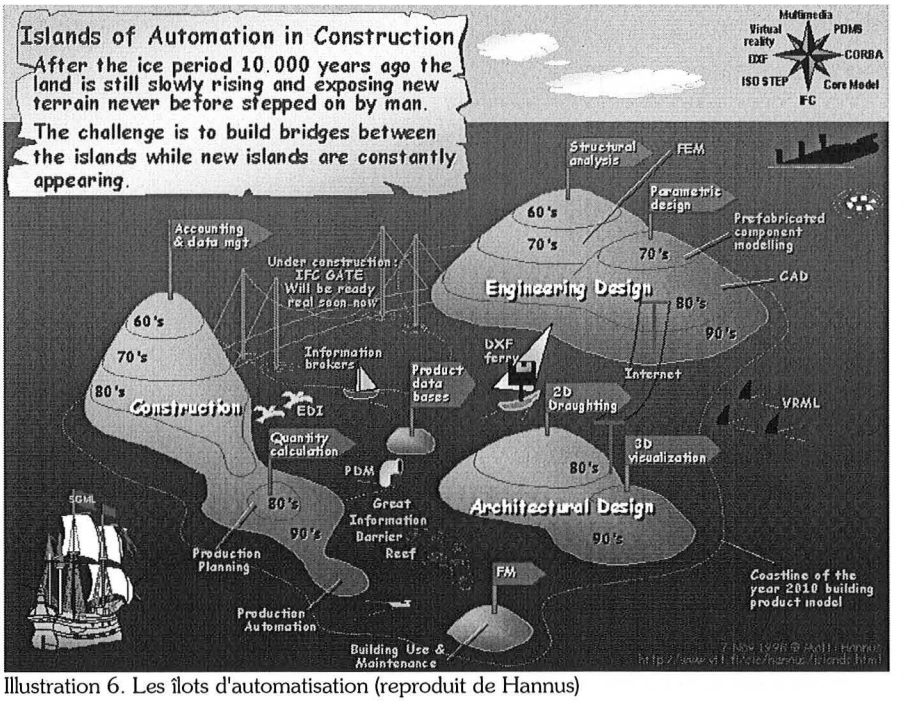


Illustration 6. Les îlots d'automatisation (reproduit de Hannus)

La lecture du dessin est simple. Les îles apparemment dispersées sont les parties émergées d'une grande île engloutie. Chacun des îlots symbolise un domaine spécifique de la recherche ; cette séparation des îlots par des bras de mer montre l'hétérogénéité de la recherche aujourd'hui, dans ce domaine.

Ce qu'on ne voit pas immédiatement, c'est la partie immergée des îles, et leur socle commun, symbole de l'unification de ces recherches. Le temps passant, on observe deux phénomènes : premièrement, de nouveaux sommets apparaissent, signes de préoccupations scientifiques nouvelles (ex. Quantity Calculation dans les années 1980) ; deuxièmement, les îles s'élargissent à leur base et ont tendance à se rejoindre (ex. Structural Analysis et Parametric Design se sont unifiés dans les années 1980).

Pour l'auteur du dessin, les années 2010 seront celles de l'unification totale de tous les domaines. En attendant cette issue prochaine, il existe des passerelles entre les trois principales îles : « Conception en ingénierie », « Conception en architecture » et « Construction ». Ces passerelles sont représentées par des métaphores diverses : des bâteaux (ex. format dxf), des ponts (ex. IFC), un sous-marin (PDM, ou Product Data Management), etc.

L'idée qui nous semble intéressante dans ce dessin est celle largement partagée d'une unification inéluctable des domaines de recherche relatifs au bâtiment. Cette unification n'est pas en elle-même une réduction de chacun des domaines présents, mais au contraire un élargissement qui laisse découvrir des passages entre eux.

Ce dessin nous inspire une autre réflexion. Commencé il y a plus de dix ans (et depuis mis à jour régulièrement), on n'y voit abordée le problème coopératif que par le biais des données (modèles et formats). L'organisation des échanges y est absent, signe que ce deuxième hémisphère du monde collaboratif n'y était pas encore soupçonné à l'époque de sa conception.

II.2.3. Modèles de données pour le bâtiment

Un modèle de données de produits bâtiment est un modèle particulier de données « produits ». Un produit est défini dans [Gu et al., 1995] comme « tout objet physique produit par un processus naturel ou artificiel. De plus, toute partie ou ensemble qui participe à un produit est également un produit ». Le produit « bâtiment » peut être un édifice, une partie d'édifice ou un ensemble d'édifice.

Un modèle de données pour le bâtiment est un type de modèle permettant, au premier niveau, de représenter

des concepts du secteur — on les appelles des classes d'objets — et leurs relations ; par exemple, on peut dire qu'une pièce (ce concept d'une manière générale) appartient à un étage, ou qu'une porte est un type de baie, etc.

Maintenant, l'apport d'un tel modèle (il en existe plusieurs développés par des éditeurs de logiciels de dessin architectural) se limite à la pratique du seul logiciel qui l'implémente. Or les cas d'échange de données entre logiciels se produisent aussi et surtout entre des logiciels distincts, d'où l'intérêt pour les acteurs de disposer d'un modèle standard, sémantiquement riche de surcroît [Brown, 1995].

Ce type de modèles permet de représenter les acteurs (utilisateurs ayant accès au modèle) et leurs points de vue ; le modèle différencie pour chacun des acteurs, en fonction de son métier ou du corps d'état auquel il appartient par exemple, la représentation (la vue) d'un même objet architectural. Par exemple, la représentation d'une paroi verticale est adaptée aux métiers auxquels elle s'adresse (ex. coefficient thermique pour le thermicien, coefficient acoustique pour l'acousticien, forme et matière pour l'architecte, prix pour l'économiste).

D'un point de vue logiciel, ces modèles sont conçus pour améliorer l'interopérabilité, c'est-à-dire l'échange d'information entre plusieurs logiciels. Les avantages avancés sont évidents :

la capitalisation des informations dans un modèle unique et cohérent ;

pas de ressaisie du travail d'un acteur « en amont » ;

pas d'erreurs d'interprétation ;

l'automatisation (ou semi-automatisation) de certaines procédures, notamment pour la synthèse technique (détection des conflits topologiques).

Nous introduisons ci-après deux modèles qui ont fait l'objet d'un développement à l'échelle mondiale : le modèle STEP qui date du milieu des années 1980 et le modèle IFC qui lui est postérieur de 10 ans.

C'est lorsque l'on parle d'échange de données que ces modèles prennent tout leur sens. Leur utilisation peut changer profondément la manière d'échanger ou de partager l'information, et par suite les façons de travailler ensemble et de collaborer. Ce problème est lié à celui de l'unité minimale d'échange d'information ; si cette unité est le fichier (comme c'est la cas actuellement), la synchronisation des différents fichiers pose un problème complexe. Prenons l'exemple d'un acteur A et d'un acteur B disposant d'un même fichier F ; pendant une période donnée, A et B effectuent chacun de leur côté et sans se consulter des modifications sur F ; la probabilité que les deux versions produites par A et B soient concurrentes, c'est-à-dire qu'il soit impossible de conserver l'ensemble des apports de chacune d'elles, augmentent d'autant plus que la durée d'isolement des acteurs est longue. Si l'unité minimale d'échange est « l'objet » tel que le définissent les modèles dont nous parlons (ex. Cloisons, fenêtres), et que la durée entre deux synchronisations est réduite au minimum, alors les phénomènes de concurrence diminuent. C'est l'une des hypothèses des modèles de données « objets » partagés. On emploie communément la métaphore de la maquette électronique dans cette situation où les acteurs interviennent sur un modèle unique et partagé.

Nous présentons ci-après deux initiatives, le modèle STEP et le modèle des IFC, qui encouragent ce développement. Ces initiatives sont révélatrices du passage d'une ingénierie séquentielle à une ingénierie simultanée.

II.2.3.1. Modèle normatif STEP

La technologie des données de produits développée dans STEP[17] vise à maîtriser tous les aspects de la définition et du traitement de l'information afférente à un produit tout au long de son cycle de vie. En premier lieu, STEP développe les modèles et se préoccupe de les rendre interopérables par la définition sémantique des objets de construction. Ensuite, il met en place des protocoles d'application métier (domaine, champs...) et s'occupe de l'implémentation, en définissant une norme pour les formats de fichiers afin que différentes applications (de différents éditeurs) accèdent à des informations dans un environnement partagé. STEP surmonte la difficulté posée par la multiplicité des interfaces entre applications (n*(n-1) interfaces entre n applications ; 2*n interfaces entre n applications avec 1 format standard) en intégrant le dispositif d'interrogation des données SDAI (Standard Data Access Interface) aux données elles-mêmes ; l'application ignore l'implémentation dans la base de données.

STEP n'est pas initialement qu'un modèle de données bâtiment ; son domaine d'application est beaucoup plus large et couvre le domaine de l'automobile, de l'aéronautique, de l'architecture navale, etc. Il intègre, afin de s'adapter à un domaine d'application particulier, des protocoles d'application. Par exemple, le protocole d'application 225 "Building Elements Using Explicit Shape Representation" vise à donner une description géométrique 3D des éléments de construction. Le protocole d'application 208 "Life Cycle Product Change Process" concerne la gestion du cycle de vie des objets (par exemple architecturaux), des versions successives d'objets, des acteurs responsables, mais n'est pas spécifique au domaine bâti.

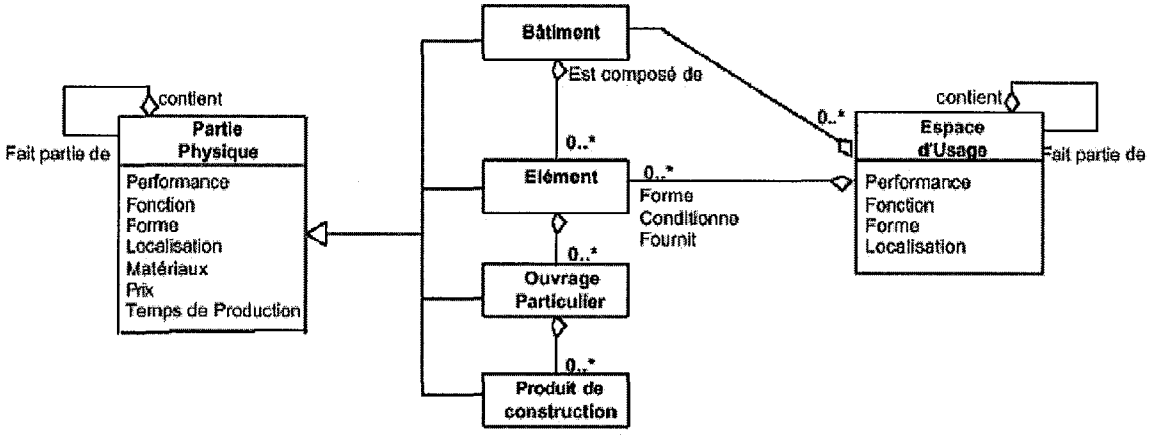


Illustration 7. Protocole d'application 225 (selon le formalisme UML)

La structuration des données selon le protocole d'application 225 s'établit autour de notions, ou d'objets au sens informatiques, que voici : bâtiment, élément, espace d'usage, partie physique, ouvrages particuliers et matériaux de construction. Nous donnons une illustration de la relation de ces objets entre eux (Illustration 7).

II.2.3.2. Modèle IFC

Le modèle IFC (Industial Foundation Classes) de l'IAI (International Alliance for Interoperability) utilise une partie de la technologie du modèle STEP. Sa réalisation suit une approche ascendante, depuis les préoccupations des utilisateurs (enquêtes des besoins des professionnels du bâtiment) jusqu'au codage informatique, par opposition à celle de STEP qui peut être considérée comme au moins partiellement descendante. Le modèle IFC, dont les initiateurs sont des éditeurs de logiciels (AutoDesk en particulier, Microsoft ensuite), sont plus proches des préoccuurces, les objets de contrôle comme les trames, les documents, etc.). La troisième couche est la couche d'interopérabilité (interoperability layer) où sont définies les entités partagées par tous les acteurs et corps d'état. Les entités spécifiques à un domaine (architecture, gestion des flux (HVAC), exploitation d'équipements, calcul

17 La norme ISO 10303 (Standard for The Exchange of Product model data) est élaborée au sein du sous-comité SC 4 du comité technique TC 184 de l'ISO.

de structure et gestion de la construction) sont prises en charge par la couche supérieure, la couche des domaines d'applications (domain-apps layer).

Le modèle IFC, fruit d'une collaboration à l'échelle planétaire d'experts en informatique et du bâtiment, est trop complexe pour prétendre en faire le tour dans ces lignes. Nous nous limiterons à certaines parties qui concerne directement notre étude, c'est-à-dire aux définitions d'entités relatives à la gestion de projet [IFC, 1999]. Il faut bien comprendre que ce modèle ambitionne de représenter tous les données ayant trait avec une opération de conception-construction. Même s'il est à la base un modèle de composants du bâtiment, il permet de représenter également des acteurs et des organisations, des documents, des processus, des plannings, des commandes, etc. Le modèle est d'ores et déjà implémentés dans certains logiciels commerciaux (ex. Visio de Microsoft, Architectural Desktop d'Autodesk, ArchiCad de Graphisoft).

II.2.3.2.1. Architecture du modèle

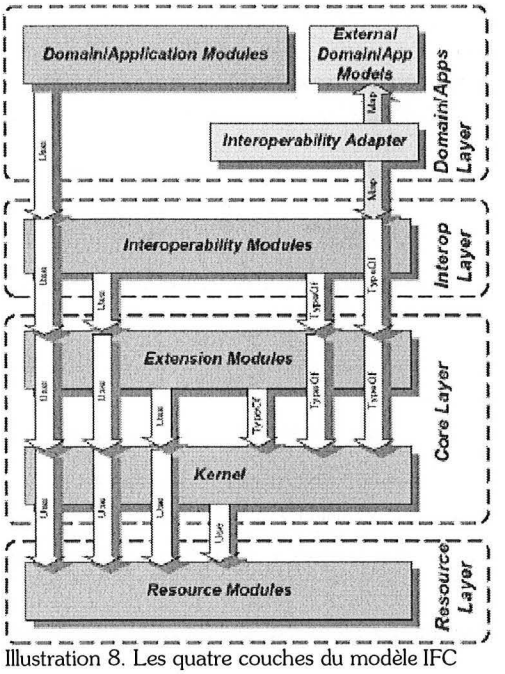


Illustration 8. Les quatre couches du modèle IFC

Quatre strates ou couches composent verticalement le modèle (Illustration 8). La plus générique et la plus abstraite est la couche des ressources (ressource layer) définit des concepts de niveau bas comme les entités géométriques et les unités de mesure. La couche placée immédiatement au dessus est la couche centrale (core layer) qui se décompose elle-même en deux : le noyau (kernel) et les modules d'extension (sur les produits, les processus, les ressoLes concepts centraux de produits, de processus, de ressources et d'acteurs appartiennent à la couche central (core layer) dans le schéma IfcKernal (un schéma est un sous-type de la couche). Le schéma IfcProcessExtension (Illustration 9) contient la définition de plusieurs entités (ou classes) relatives à la gestion de projet (pour d'autres modèles de gestion de projet, voir [Almasi, 1996] [Luiten, 1993] :

> Les deux principales entités du modèle IFC pour représenter les processus sont IfcProcess et IfcTask, la seconde héritant de la première. Dans l'esprit du modèle, IfcProcess (processus) décrit des processus généraux alors que IfcTask (tâches) décrit des opérations de construction.
>
> Toute collection d'entités tâches IfcTask constitue une planification de tâches (IfcWorkPlan). Les tâches peuvent s'organiser suivant différentes formes pour constituer différentes instances de IfcWorkPlan. Elles peuvent par exemple être organisées selon une structure hiérarchique propre à faciliter le calcul des coûts, ou bien dans une autre structure hiérarchique propre à faciliter l'établissement de plannings.

L'information relative aux plannings (IfcWorkScheduleElement et IfcScheduleTimeControl) peut être associée aux plans (décrits ci-dessus) ainsi qu'aux tâches pour décrire par exemple des dates de début ou de fin. Toutes les instances de IfcWorkSchedule peuvent être composées dans une instance de IfcWorkSchedule que l'on peut voir comme un planning ou une partie de planning.

Les tâches sont des types de processus de construction permettant d'exprimer tout niveau de détail d'un processus, depuis le projet global de construction jusqu'aux opérations élémentaires de construction (ex. élever un mur), en passant par des phases ou d'autres découpages plus spécifiques. Toutes les tâches ont la même structure et peuvent être composées avec d'autres tâches, ou décomposées en sous-tâches (process nesting).

L'entité IfcRelSequence permet « d'objectifier » la relation de séquence entre plusieurs processus (IfcProcess) en caractérisant un type de séquence (ex. un processus débute lorsque le processus précédent est achevé, ou dès que celui-ci a commencé).

Il existe des associations entre produits et processus par le biais de l'entité IfcRelProcessOperatesOn qui spécifie le type d'opération effectuée (ex. installer, déplacer, agir sur, construire, enlever, etc.).

Les ressources utilisées lors d'un processus sont modélisées grâce à l'entité IfcRelUsesResource (nous reviendrons par la suite sur la définition des ressources).

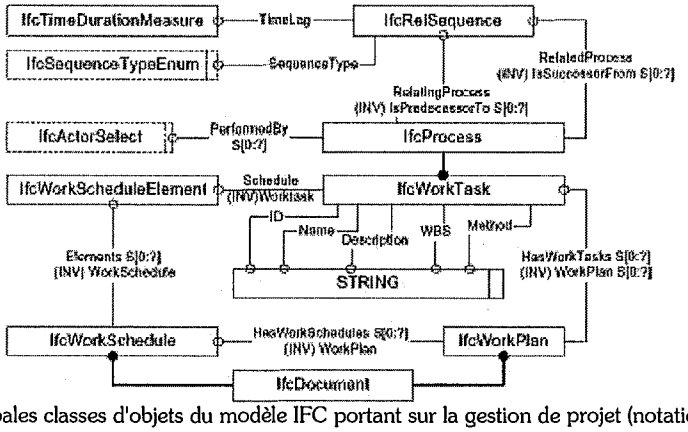


Illustration 9. Principales classes d'objets du modèle IFC portant sur la gestion de projet (notation : Express-G)

Le schéma IfcProjectMgmtExtension enrichit le modèle de quelques entités relatives aux coûts (financiers) et aux ordres aux services (project orders) :

Les coûts s'appliquent aussi bien aux ouvrages ou équipements qu'à la main d'œuvre, aux processus, aux ressources, etc.

La notion de contexte de coût est développée pour prendre en compte le fait qu'un coût diffère si l'on y inclut des taxes, de la main d'œuvre, divers prélèvements, etc.

Les ordres de service en phase de travaux sont représentés par trois entités : l'ordre de services « normal » (IfcWorkOrder), l'avenant (IfcChangeOrder) et les commandes de produits (IfcPurchaseOrder). Ces entités peuvent référencés des documents voire des fichiers relatifs à l'accomplissement de ces ordres. Ils peuvent être associés à des planifications de tâches (IfcWorkPlan) ou des estimations de coûts (estimatifs). Ils peuvent être également être associés à des éléments de construction.

Le schéma IfcConstructionMgmtDomain apporte au modèle IFC la notion de ressources. Les ressources sont de cinq types, de niveaux conceptuels très variés : les sous-traitants (subcontractor), les équipements de construction, les matériaux de construction, les équipes de chantier et les « ressources-produits ». L'entité crew (intraduisible) est une collection de plusieurs ressources de nature différente (ex. association formée par la main d'œuvre et des matériaux). Le « ressource-produit » (product ressource) est le résultat d'une tâche (IfcTask) utilisée par une autre tâche ou processus. Ce qu'il faut entendre par « ressource », ce n'est pas ce qui est utilisé comme telle, mais l'utilisation même qui en est faite.

Nous ne mentionnons pas d'autres développements, en particulier ceux concernant les acteurs et les

documents. Cette collection d'entités du modèle IFC destinée aux applications logicielles de gestion de projet permettent d'automatiser des procédures de calcul de coûts et d'établissement de plannings. Dans [Froese et al., 1999a] et [Froese et al., 1999b], les auteurs montrent un exemple concret d'une telle automatisation (Illustration 10) : des acteurs définissent la géométrie d'un ouvrage (deux parois à structure métallique), des équipes de chantiers, des prix unitaires des matériaux, des méthodes de pose (tâches imparties à chaque équipe et relation temporelle entre leurs interventions). L'application de gestion de projet, indépendante du modèle IFC mais puisant les données qu'il contient, se charge de calculer le coût global et le planning de la pose de ces murs.

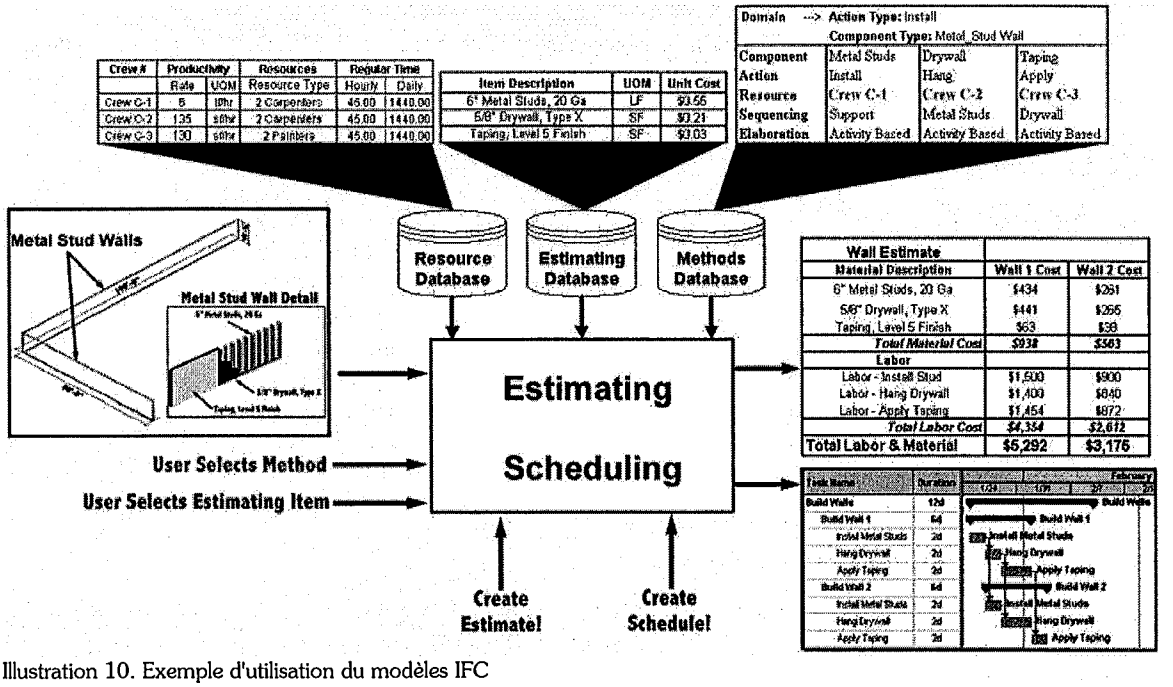


Illustration 10. Exemple d'utilisation du modèles IFC

II.2.3.3. Discussion

Les arguments qui s'opposent à l'avènement de tels standards dans un avenir proche ou immédiat, outre l'extrême difficulté à les concevoir, tiennent au complet changement des habitudes de travail qu'ils induisent pour leurs destinataires. À l'heure actuelle, les acteurs travaillent à partir de représentations dont les caractéristiques sont :

la fragmentation ; c'est par le recoupement de plusieurs documents que les acteurs « reconstituent » l'objet à concevoir ;
la bidimensionnalité des documents géométraux ; les documents graphiques contractuels servant à construire sont, sauf rares exceptions, tous en deux dimensions. L'effort que demande de modéliser en trois dimensions est encore énorme et surtout souvent inutile pour de petites opérations ;
la focalisation progressive ; la progression de la conception architecturale profite de l'imprécision initiale et des lacunes de coordination entre les métiers ; c'est pourquoi il est inutile quelquefois de découvrir trop tôt des problèmes qui plus tard trouveraient « naturellement » réponse.

À ces trois arguments, les initiatives mentionnées n'apportent pour l'instant pas de réponse. D'autre part, ces nouveaux standards ont du mal à s'imposer dans le secteur, l'habitude étant prise d'utiliser des formats propriétaires et de réaliser des conversions directement entre ces formats, ce que propose, à de rares exceptions près, tous les logiciels.

Le modèle IFC tente de représenter toutes les informations susceptibles d'être échangées ou partagées par les acteurs. Ce modèle, parfois très abstrait (il faut parfois « remonter » loin dans les relations d'héritage pour établir

un lien possible entre deux entités conceptuellement proches) et complexe vus le nombre d'entités développées et les potentialités de relations entre elles, continue d'évoluer dans le sens d'une augmentation de la « couverture » du modèle, notamment du côté des domaines spécifiques d'applications. Des problèmes de cohérence du modèle (ex. la même information peut être entrée à plusieurs endroits du modèle) doivent être résolus. Ces difficultés empêchent le modèle d'être tout à fait opérationnel dans des situations réelles.

En tant que modèle de données, aussi large soit son spectre, il n'a pas vocation à spécifier ce qui doit être fait des données modélisées. La notion de processus par exemple est développée mais il est à charge d'une application logicielle de la réutiliser pour la proposer à d'éventuels utilisateurs. Il n'y a donc pas, derrière le modèle, un modèle implicite de processus ou de déroulement d'un projet.

Aujourd'hui seulement, le modèle IFC commence à être suffisamment riche et fonctionnel pour justifier, dans le cadre d'une recherche comme la nôtre, d'y investir du temps ; cela n'a pas toujours été le cas. Nous reviendrons, en abordant les perspectives de la coopération informatique, sur les potentialités de ce modèle.

II.3. Le Travail Collaboratif Assisté par Ordinateur (TCAO)

Le TCAO devrait être considéré comme une tentative pour comprendre la nature et les caractéristiques du travail coopératif, avec comme objectif la conception d'une technologie adéquate. Cette technologie, lorsqu'elle prend la forme d'un environnement informatique destiné à assister un groupe de personnes engagées dans une tâche commune, s'appelle un collecticiel.

Le TCAO, domaine de recherche relativement récent (une quinzaine d'années) et aujourd'hui bien identifié, partage, avec d'autres domaines de recherche, des préoccupations et des conceptualisations dont il s'est fortement inspiré pour son propre développement. Ce qui a permis au TCAO de s'affirmer par rapport à ces différents domaines, ce qui fonde l'identité même de ce domaine, réside dans la forte imbrication des questions techniques et sociales qu'il soulève. Coopérer « informatiquement », c'est former un réseau de machines et d'hommes.

II.3.1. Définition des collecticiels

Le terme collecticiel (syn. synergiciel) est la traduction du terme anglais groupware. Il désigne la technologie destinée à faciliter le travail de groupe. Cette technologie peut être employée pour communiquer, coopérer, se coordonner, résoudre des problèmes, concourir ou négocier. Un groupe n'est pas nécessairement une entité constituée préalablement à l'utilisation du collecticiel — il arrive que ce soit le collecticiel qui induise la formation du groupe — fixe dans le temps et dont les liens et motivations de groupe sont très solides. Mais un groupe a toujours une motivation minimale qui l'unit.

Selon Ellis [Ellis et al., 1988], un collecticiel est « un système informatique qui aide deux utilisateurs ou plus à prendre en charge une tâche commune et qui fournit une interface pour un environnement partagé ». Les deux catégories extrêmes des collecticiels, selon que la forces des liens et des motivations qui unissent ses membres soit faible ou forte, sont le lecteur de courrier électronique d'un côté et les logiciels d'administration de réseaux (NT Server de Microsoft ou Netware de Novell) de l'autre donnant accès à des fonctionnalités de gestion de groupe (il est fréquent dans les agences d'architecture d'utiliser un réseau d'ordinateurs Apple connectés entre eux par le protocole AppleTalk).

Le lecteur de courrier électronique, qui n'est parfois pas considéré comme un véritable collecticiel, peut être perçu comme tel même si le groupe ici est potentiellement infini et que la motivation de ses membres (échanger des messages) est relativement trop légère pour fonder un « vrai » groupe.

Le collecticiel classique est associé à la notion de groupe hétérogène ; dans le cas contraire, on a affaire à un cas particulier de groupe, une organisation par exemple, pour laquelle les hypothèses sont quelque peu différentes du groupe véritablement hétérogène. Nous reverrons cette distinction cruciale avec Grudin [Grudin, 1994].

II.3.2. État de l'Art des modèles de coopération

II.3.2.1. Les situations de conception

La conception en situation de coopération impose que nous étudions de plus près les significations attachées à ces deux termes. Car concevoir et coopérer, dans le cas de la conception des espaces bâtis, ne sont pas deux activités absolument identiques ni absolument disjointes. En effet, toute coopération implique des formes de conception, ne serait-ce que de conception d'un sens commun et d'actions communes ; inversement, toute conception, même individuelle, implique des formes de coopération (et de confrontation) entre différentes logiques et systèmes de contraintes. Christophe Midler [Midler, 1996] a proposé une caractérisation des situations de conception en six points[18]. Comme nous allons le voir, il possible de projeter la dimension collective dans chacun de ces points :

Une heuristique tendue par une finalité globale. Toute activité de conception est déterminée par un but, en général un objet à concevoir. La finalité est même augmentée de contraintes ; dans le bâtiment il s'agit typiquement de contraintes de délais et de coûts. Ce qui est vrai au niveau de chaque individu concepteur est vrai également au niveau supérieur du groupe de concepteurs.

La conception, affaire de communication et d'intégration de différentes logiques. La situation de conception fait naître une nécessité de dialogue entre acteurs. Cette communication permet à chacun d'établir sa spécialité (son champ de compétences) et ses attributions, et de rendre explicites donc discutables les points éventuels de conflit entre eux qui se matérialisent soit dans l'objet à concevoir ou ses traces (ex. incohérence d'un jeu de plans), soit dans la logique d'interactions (ex. intervention en dehors d'une attribution). La communication est le moyen de l'intégration de différentes logiques.

La prise en compte de l'incertitude. On pourrait dire qu'une situation de conception qui ne ferait place à aucune incertitude représente un cas particulier de conception : la conception est une activité d'anticipation qui pose de multiples suppositions (ex. savoir-faire supposé des entreprises) et qui doit donc corriger certaines d'entre elles suivant les possibilités (ex. savoir-faire réel des entreprises).

La temporalité des situations de conception : convergence et irréversibilité. Un projet de conception est délimité de manière temporelle par une date de début et une date de fin. Entre ces deux dates, il y a un accroissement de la connaissance de ce qui est à concevoir, depuis une connaissance nulle jusqu'à une détermination complète, en même temps qu'une diminution de la capacité d'actions sur ce qui est à concevoir, depuis l'infini des possibles jusqu'à l'impossibilité de toutes modifications. La progression dans le temps de ces deux facteurs est irrégulière, alternant des phases de modifications fortes à des phases de stagnation.

Le statut de la singularité dans les situations de conception. Même si la spécialisation des acteurs tend à amenuiser le rôle de la singularité de chaque projet — par la culture et le développement de réponses standards, chaque métier tente de retrouver des situations-types —, le projet reste le lieu de ce que Schön (cité par Midler) appelle « une conversation avec la situation » ; conversation à chaque fois unique. Midler rappelle que la singularité, loin d'être une entrave à la démarche collective de conception, est même pour elle l'occasion d'explorer la multitude des possibles.

Un espace ouvert et fluctuant. Il est impossible de fixer à l'activité de conception des frontières nettes et stables en dépit de tous les efforts de rationalisation et de séparation de ce qu'est la conception et de ce qu'elle n'est pas. En particulier, l'activité de conception ne peut être réduite à une activité de résolution de problème dans la mesure où le problème lui-même n'est jamais tout à fait séparable de la solution qui lui est apporté.

18 D'autres caractérisations des situations de conceptions ont été proposées, notamment celle de Boutinet [Boutinet, 1990] que rapporte Midler. Celle-ci prend la forme de trois oppositions fondamentales du projet :
le projet comporte à la fois une dimension individuelle et collective,
le projet comporte à la fois une dimension existentielle et technique (problème du sens porté par la figure de l'architecte et problème de l'instrumentation porté par la figure de l'ingénieur),
le projet comporte à la fois une dimension réaliste (prise en compte d'un contexte préexistant) et intentionnelle (transformation de ce contexte).

II.3.2.2. Les objets intermédiaires

Jeantet aborde dans [Jeantet et al., 1996] la problématique de la coopération, et plus spécifiquement celle de la coordination, dans les équipes intégrées en recourant aux concepts d'objets intermédiaires de la conception. L'hypothèse est faite que la conception d'un produit (destiné à être réalisé) peut être considérée comme la production d'une quantité d'objets intermédiaires, comme des idées, des textes, des maquettes, des esquisses, des plannings, des notes de services, etc.

Ces objets constituent selon Jeantet « une ponctuation dans le temps » ; ils sont des matérialisations instantanées de ce qui est par nature insaisissable et fugitif, les interactions entre les acteurs. Mais ils sont plus que cela ; par effet retour, ils agissent sur la suite des interactions dont ils sont à la fois le produit et l'impulsion. Jeantet offre une caractérisation de ces objets :

Ils sont éphémères et ont vocation à disparaître.

Ils entretiennent avec l'objet final un rapport de représentation et d'intentionnalité ; « représentation » parce qu'ils ne sont pas l'objet lui-même mais par exemple un dessin de cet objet inscrit dans une perspective sociale, technique et économique ; « intentionnalité » car ils sont orientés par des objectifs, en particulier des objectifs de fabrication, et doivent assurer la transition entre l'objet à concevoir et l'objet à réaliser et les deux mondes d'acteurs afférents ; Jeantet indique que l'objet doit « modéliser le produit, lier les acteurs et leurs mondes ».

Agrégats de subjectivité, ils contribuent au processus d'objectivation de l'objet final en donnant aux acteurs un référentiel commun pour débattre.

En plus de cette caractérisation « hors-contexte », Jeantet propose une caractérisation des objets intermédiaires dans les interactions auxquels ils sont liés. Pour cela, il définit deux axes, un axe commissionnaire-médiateur, et un axe ouvert-fermé sur lesquels tout objet intermédiaire se positionne et que nous explicitons :

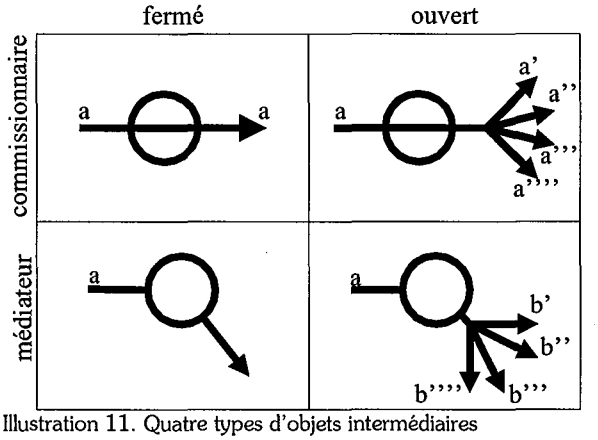


Illustration 11. Quatre types d'objets intermédiaires

L'axe commissionnaire-médiateur. Un objet est dit commissionnaire lorsque qu'il n'est considéré que comme un moyen neutre de passer de l'idée à sa réalisation. Il correspond à une vision idéalisée de l'objet qui n'est que la matérialisation d'une idée ou d'un concept. Dans les faits, l'objet est plutôt considéré comme médiateur, certes avec différents degrés, c'est-à-dire qu'il n'est pas un simple moyen de transmission, mais qu'il à la fois le réalisateur et l'initiateur de la transformation des actions produites par les acteurs. Ainsi, selon les mains entre lesquelles il se trouve, un plan de masse ou un plan de situation pourront influencer fortement le travail de l'architecte pour son travail de conception, alors que l'ingénieur peut n'y voir qu'un document précisant le lieu de son intervention.

L'axe ouvert-fermé. Cet axe matérialise les possibilités offertes par l'objet d'être diversement interprété. Un objet ouvert laisse le champ libre à plusieurs développements et à leur exploration. Un objet est fermé lorsque le champ d'action qu'il laisse est réduit à un seul. Un croquis d'architecte, dans la phase initiale de conception, est un exemple de document ouvert ; un plan d'exécution, au contraire, appartient plutôt aux documents fermés.

Le croisement de ces deux axes conduit à déterminer quatre cas (Illustration 11). Selon, Jeantet, les situations de conception font apparaître tous ces types d'objets ; la conception en phase initiale voit l'émergence d'objets « médiateurs-ouverts » (ex. esquisse), pour permettre la découverte de solutions non-types, tandis que des objets « commissionnaires-fermés » se rencontrent pendant des phases de prescription (ex. bon de commande).

II.3.2.3. Rapports de prescription réciproque

Analysant les recherches portant sur les situations de coopérations, Hatchuel [Hatchuel, 1996] observe qu'elles s'attachent surtout à expliquer le « pourquoi » de telles situations, c'est-à-dire leurs conditions d'émergences. Se faisant, elles ne voient dans ces situations que des états résultants de la division du travail, non des situations qui influencent à leur tour les formes d'organisation du travail.

Attaché à comprendre le « comment » de la coopération, il développe une réflexion suivant trois étapes :

la définition d'un modèle des apprentissages croisés,

une analyse du rapport de prescription et des différentes valeurs qu'il peut prendre au sein d'une coopération (prescription forte à prescription faible),

la définition un modèle de conception collective fondé sur les rapports de prescription réciproque.

II.3.2.3.1. Le modèle des apprentissages croisés

L'apprentissage est inhérent à l'action dans la mesure où l'action construit (ou reconstruit) au moins partiellement le savoir dont elle a besoin. La forme d'apprentissage la plus immédiatement compréhensible est la prise d'informations. L'action collective est le creuset d'un apprentissage collectif mutuellement informé entre les acteurs. Cet apprentissage croisé, comme l'appelle Hatchuel, conditionne la dynamique des savoirs et la dynamique des relations entre partenaires. Par exemple, dans le contexte du bâtiment, lorsque deux architectes conçoivent un projet ensemble (dans un rapport non-concurrentiel), chacun apprend — ou essaie d'apprendre et croit comprendre — les intentions et la « position » de l'autre. Si l'on étend cette situation de coopération à une équipe de maîtrise d'œuvre composée de plusieurs organisations, on retrouve ces mêmes apprentissages croisés, bien que les organisations en présence soient fondés sur l'indépendance et la différenciation à la fois des pouvoirs et des savoirs. Hatchuel note le cas intéressant des rapports entre l'architecte et son client dans lequel l'apprentissage est plus complexe ; bien sûr, l'architecte s'engage à répondre aux attentes de son client, mais il peut — et c'est là tout l'objet d'un débat architectural —ne pas répondre fidèlement aux désirs de celui-ci ? On voit là un cas où l'apprentissage n'est pas simple ; la « réponse » de l'architecte à son client n'est pas la traduction univoque des souhaits de celui-ci, autant qu'une traduction soit possible.

II.3.2.3.2. Les rapports de prescription

Hatchuel donne la définition suivante : « il y a organisation dès lors que deux acteurs A et B conviennent que (1) l'activité de B (appelé opérateur) doit être au moins partiellement prescrite par A (appelé prescripteur), et (2) la conformité de B à cette prescription est acceptée par B comme principe de sa relation à A ou à d'autres acteurs de l'organisation (par exemple un dirigeant C) ». Selon cette définition, une organisation n'est pas seulement une entité sociale et juridique, comme on l'entend d'une entreprise, dans laquelle les acteurs sont liés par des liens de subordination.

Il convient alors de différencier deux types limites de prescription : la prescription forte est celle qui a cours lorsque la liberté d'action de l'opérateur est limitée (ex. le manœuvre sur le chantier a sans doute une activité fortement prescrite par son chef) ; au contraire, la prescription est faible lorsque la conduite de l'opérateur n'est pas complètement déterminée par le prescripteur, celui-ci visant d'abord l'accomplissement d'un objectif (ex. la gestion du matériels sur le chantier fait partie des activités faiblement prescrites).

La forme de la prescription dépend de la capacité du prescripteur à confiner l'activité. Dans un rapport de prescription forte, l'opérateur n'a qu'à se conformer à la prescription, sa « marque individuelle » (ex. son talent) est évidemment moins identifiable que dans une situation de prescription faible. Hatchuel prend l'exemple du conducteur de métro (exemple d'une activité fortement prescrite) et du conducteur de bus (exemple d'une activité faiblement prescrite) ; le second peut développer un style de conduite nettement plus personnel que le

premier. Pour en revenir à la notion d'apprentissage, l'apprentissage du prescripteur et celui de l'opérateur se distingue d'autant plus que le rapport de prescription qui lie l'un à l'autre est faible.

La prescription faible s'exerce dans un environnement ouvert et peu confinable où l'importance du savoir-faire de l'opérateur est déterminante. Hatchuel décompose ce qu'il entend par savoir-faire en recourant à ces deux définitions :

Le savoir-comprendre est un « savoir construit pour l'identification des causes d'un phénomène ». C'est, par exemple, savoir qu'un espace de circulation est trop étroit par rapport au flux attendu de personnes qui doivent l'emprunter.

Le savoir-combiner est un savoir qui permet de « générer un plan d'actions qui réponde à de multiples contraintes ». Faire un compromis entre l'apport lumineux d'une surface vitrée et les déperditions énergétiques qui en résultent appartient à ce type de savoir-faire.

II.3.2.3.3. Prescriptions réciproques

L'étude de situations en conception collectives, et notamment celles ayant cours dans une équipe d'ingénierie du bâtiment, fait apparaître plusieurs aspects concernant les rapports de prescriptions :

La réciprocité des rapports de prescription. Dans une coopération entre architectes et ingénieurs (y compris entre ingénieurs appartenant à plusieurs domaines), le sens de la prescription est toujours prêt à s'inverser. Dans un premier temps, l'architecte peut donner un plan auquel l'ingénieur tâchera de se conformer, mais si celui-ci a des raisons de penser que ce plan doit d'abord être amélioré, il le fera savoir à l'architecte.

Le recours à des techniques de validation. Les rapports de prescription réciproques mènent presque inévitablement à des crises de pouvoirs dès lors que les acteurs n'estiment plus au même point leur position respective de prescripteur et d'opérateur. Pour mettre fin à ces situations, ou éviter qu'elles ne surviennent, les acteurs développent des procédures de validation diverses qui leur permettent de rentrer à nouveau dans des rapports mutuellement acceptés.

L'impossibilité de spécifier à l'avance tous les savoirs requis, donc tous les acteurs qui seront, à un moment ou un autre, des prescripteurs à l'intérieur d'un projet. On n'a pas coutume d'associer l'architecte des bâtiments de France (ABF) à l'équipe de conception ; pourtant, il arrive que ses prescriptions perturbent (dans un sens objectif et neutre) le cours naturel des opérations. Ces interventions « extérieures », inopportunes pour les acteurs conventionnels, ont parfois des conséquences plus dramatiques (ex. annulation d'un marché pour cause de non-conformité).

Ces trois observations revêtent pour nous une grande importance. Elles nous mettent en garde contre une vision simplificatrice du projet collaboratif. La réversibilité de la prescription, et au delà d'elle, la complexité des rapports de prescription, condamne les schémas hiérarchiques et statiques de l'autorité décisionnelle. Grande importance est donnée aux procédures de validation, dont on connaît les formes variées utilisées dans le bâtiment (réunions, phases et même procédures). Enfin, le collectif d'acteurs est rarement monolithique ; il faut aller parfois chercher loin du « noyau d'acteurs » l'origine de décisions cruciales.

II.3.2.4. Modèle ICM (Interdisciplinary Communication Medium)

Il s'agit d'un modèle conceptuel pour la communication interdisciplinaire destiné à supporter les activités de conception collaborative dans le domaine de l'ingénierie [Fruchter, 1993]. Un paradigme nommé PICE (acronyme pour « Proposer, Interpréter, Critiquer, Expliquer ») est proposé comme un cycle de communication essentiel au processus collaboratif.

Ce modèle tente de répondre au problème de la multiplicité des métiers et des représentations utilisée par chaque acteur au cours d'une activité collaborative de conception. La réponse apportée est une explicitation des points de vue individuels de conception, des interconnexions entre ces points de vue résultant en un modèle global, et des opérations de communication qui permettent de mettre en correspondance deux points de vue.

II.3.2.4.1. Point de vue individuel

Le modèle abstrait ICM décompose le points de vue des acteurs sur les objets à concevoir en trois catégories : la forme, le comportement et la fonction. Dans l'explication suivante, nous appelons « objet » le résultat de l'activité de conception.

Selon ce modèle, la forme est l'arrangement des éléments constitutifs de l'objet entre eux ; le comportement est la façon dont l'objet répond effectivement à son environnement ; la fonction représente les besoins que les concepteurs souhaitent voir satisfaits par l'objet. Au cours de la conception, les individus, détenteurs de ces points de vue, passent de manière cyclique de la forme au comportement par l'analyse, du comportement à la fonction par l'évaluation, et de la fonction à la forme par la synthèse (Illustration 17).

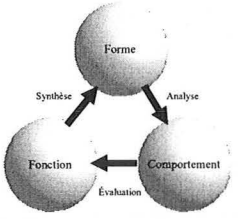


Illustration 12. Forme, comportement et fonction

Les auteurs du modèle ICM font ensuite une distinction entre le monde graphique et le monde symbolique qui leur permet de dédoubler leur modèle en séparant chacune des entités en deux nouvelles entités distinctes, l'une graphique et l'autre symbolique (Illustration 20).

La forme graphique décrit les caractéristiques physiques de l'objet dans un domaine donné ; ce sont des informations géométriques (dimension, forme), spatiales (position, orientation), topologiques (connexion entre les éléments constitutifs de l'objet). La forme symbolique décrit la hiérarchie des objets relativement à un domaine particulier ; par exemple, le concept de pièces appartient, entre autres, au domaine de l'architecte tandis que celui de poutres appartient, entre autres, au domaine de l'ingénieur des structures.

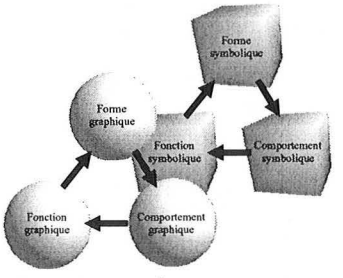


Illustration 13. Représentation graphique et représentation symbolique

La fonction décrit les performances attendues de l'objet à concevoir tandis le comportement décrit ses performances réelles, dérivées de la forme de l'objet. La fonction graphique et le comportement graphique consistent par exemple en diagrammes de forces, en schéma de principe. La fonction symbolique et le comportement symbolique comprend les mécanismes de raisonnement, les principes d'un domaine particulier (règles constructives).

Une fois défini le point de vue de chaque métier, ou de chaque acteur, se pose le problème de la correspondance entre ces points de vue et des connexions entre les différentes entités définies. Le modèle ICM fait apparaître un point de convergence des points de vue au niveau de ce qu'il appelle la forme graphique (Illustration 22). Dans un projet d'architecture, cela se traduit par le fait que ce sont des documents décrivant formellement le projet qui sont échangés ou partagés (plans, descriptifs, etc.).

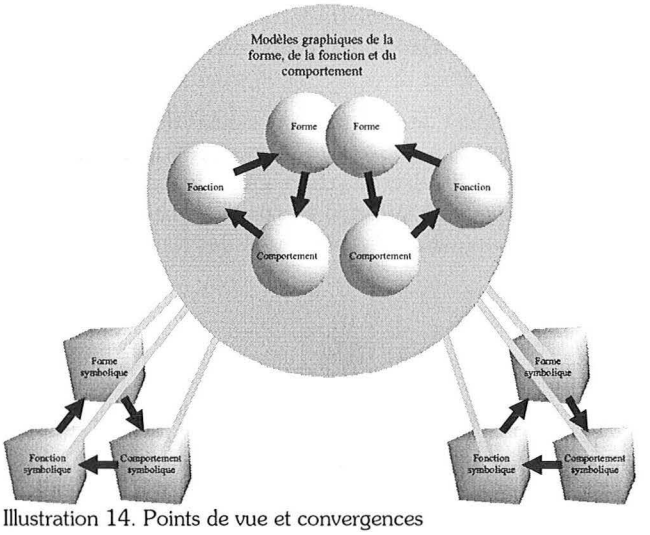


Illustration 14. Points de vue et convergences

II.3.2.4.2. Les opérations de communication

Le paradigme proposer-interpréter-critiquer-expliquer est avancé pour formaliser le cycle de communication qui a lieu au cours de la conception. Nous explicitons chacune de ces opérations.

Proposer consiste à proposer une nouvelle forme graphique destinée à être partagée entre les acteurs des différents métiers. Proposer un nouveau plan pour un ouvrage à concevoir, c'est proposer au niveau graphique un modèle formel de cet ouvrage.

Interpréter consiste à passer de la forme graphique commune à tous les métiers ou acteurs à la forme symbolique spécifique à un domaine particulier. Les interprétations sont donc multiples, aussi nombreuses qu'il existe de métiers. L'interprétation d'un plan pour l'architecte signifie de passer de l'espace graphique de la feuille à l'espace de la représentation des objets architecturaux (murs, portes, poteaux, etc.).

Critiquer consiste à former le cycle de transformation de la forme symbolique vers le comportement symbolique puis la fonction symbolique. Par exemple, l'architecte peut chercher à optimiser un parcours dans un édifice composé de pièces et d'espaces connexes.

Expliquer consiste, à la suite de la critique, à opérer un retour vers l'espace graphique depuis l'espace symbolique. Pour reprendre l'exemple précédent, lorsque l'architecte arrive à la nécessité de nouvelles liaisons entre des espaces (fonction symbolique), il traduit cette nécessité en un diagramme de relations entre les espaces (fonction graphique).

Le cycle ainsi exposé peut recommencer par une nouvelle proposition (forme graphique). Bien sûr, le nombre de cycles qui se produisent à un instant donné correspond au nombre de métiers ou d'acteurs représentés.

II.3.3. État de l'Art de l'analyse des collecticiels

Les travaux que nous allons présenter, émanant d'horizons divers, abordent de façon très dissemblable l'analyse des collecticiels, ce qui rend difficile une stricte catégorisation de chacun d'eux. Il est possible cependant de rapprocher certaines analyses entre elles, selon qu'elles contiennent ou non des critiques de collecticiels, des propositions pour de futurs collecticiels ou tout simplement des modèles de représentation fonctionnelle des collecticiels.

Le tableau suivant récapitule les composantes de chacune d'elles (Tableau 2). Nous les développons ensuite en commençant par les analyses les plus générales sur les modèles fonctionnels et en terminant par les analyses critiques.

	Modèle fonctionnel	*Critique*	*Proposition*
Trèfle fonctionnel	●		
Matrice espace-temps	●	●	
Modèle conceptuel tripartite	●		
Modèle de Denver	●		
Stratégie pour les équipes d'ingénierie virtuelle	●		
Grille d'analyse fonctionnelle	●		
Analyse des besoins fonctionnels			●
Mémoire des décisions		●	●
Défis des collecticiels		●	●

Tableau 2. Composantes des analyses des collecticiels

II.3.3.1. Le trèfle fonctionnel

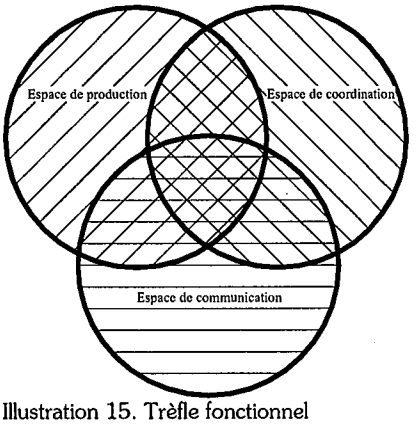


Illustration 15. Trèfle fonctionnel

C'est en s'inspirant du modèle fonctionnel d'Ellis et Wainer qu'une équipe de chercheur a proposé une nouvelle approche fonctionnel des collecticiels [Salvador et al., 1996]. Le résultat est le trèfle fonctionnel (Illustration 15). Ce dernier abandonne la dimension de l'interface utilisateur mais décompose le modèle en deux parties, l'espace de production et l'espace de communication. En conservant l'espace de coordination, on parvient à une décomposition en trois parties.

Toute activité entreprise à l'intérieur d'un collecticiel peut alors être analysée au regard de ces trois dimensions. Une activité de production est par exemple le dessin (et la conception) d'un plan dans un logiciel graphique ; une activité de coordination est par exemple le partage d'un calendrier de réunions entre plusieurs acteurs ; une activité de communication peut être un envoi de documents par courrier électronique.

II.3.3.2. La matrice temps-espace

En 1988, Johansen [Johansen, 1988] reprit une typologie établie l'année précédente par DeSanctis et Gallupe à propos des systèmes d'aide à la décision. Cette typologie se présente sous la forme d'une matrice espace/temps identifiant quatre situations possibles ; elle est aujourd'hui abondamment citée en exemple dans le champ de la TCAO. À chacune des situations correspond des types génériques de collecticiels dont nous donnons des exemples dans le Tableau 3.

	Même moment	*Moment différent*
Même lieu	*Face-à-face* :	*Travail continu* :
	Table de conférence Outils spécifiques : vote ou *brainstorming*	Gestionnaire de projet
Lieu Différent	*Interactions distribuées en temps réel* :	*Communication et coordination* :
	Discussion (*chat*) Dessin partagé Vidéoconférence Espaces « cybernétiques »	Courrier électronique Forum électronique Gestionnaire de flux de tâches Calendrier partagé

Tableau 3. Matrice espace/temps

D'autres dimensions ont été relevés plus tard par d'autres auteurs, comme le notent Greenberg et Roseman [Greenberg, 1998], qui viennent approfondir cette première matrice :

la taille du groupe ;

la constitution du groupe comme un ensemble d'individus indépendants ou constitués de sous-groupes ;

le caractère prédictible du lieu et du temps ;

le formalisme des interactions et des échanges ;

la fréquence des interactions et des échanges.

Greenberg et Roseman notent que les collecticiels se placent dans l'une ou l'autre des situations décrites plus haut ; par exemple, ils intègrent la possibilité de communiquer de manière synchrone sans permettre les échanges asynchrones. Or dans les situations de collaboration les participants ont besoin d'avoir à leur disposition la gamme entière des possibilités. La seule solution pour eux est alors d'utiliser plusieurs collecticiels. Mais cette solution est en partie insatisfaisante parce qu'elle fait apparaître des limitations dans la communication de ces différents outils. Dès lors, ou bien les personnes s'engagent dans une gestion fastidieuse pour combler le manque de liens entre les collecticiels, ou bien elles, estimant l'effort à produire trop important, elles arrêtent de s'en servir.

II.3.3.3. Le modèle conceptuel tripartite

Dans un article de 1994 [Ellis, 1994], Ellis et Wainer propose un modèle conceptuel de caractérisation d'un collecticiel. Ce modèle prétend être utilisable sur une large gamme de collecticiels, depuis les espaces de discussion aux gestionnaires de flux de tâches en passant par la vidéoconférence.

Le modèle global est composé de trois modèles : le modèle ontologique, le modèle de coordination et le modèle d'interface (utilisateur). Les auteurs dégagent pour chacun d'eux des définitions et des concepts qu'ils pensent pertinents pour caractériser un collecticiel.

Ce modèle examine le collecticiel du point de vue des utilisateurs, non du point de vue du concepteur de collecticiels — que le collecticiel soit fondé par exemple sur une architecture centralisée ou distribuée importe peu à l'utilisateur — mais il est bien sûr utile à ce dernier dans la mesure où il lui donne les aspects fondamentaux du système. L'intérêt que nous y voyons résulte plutôt de l'apport taxonomique du modèle (apports de concepts) que de la mise en cohérence globale de ces concepts.

II.3.3.3.1. Modèle ontologique

Le modèle ontologique d'un collecticiel contient les « objets » auxquels les utilisateurs ont accès ; il est formé de la description des classes d'objets et des opérations que le collecticiel fournit à ses utilisateurs. Les objets sont ceux que les utilisateurs manipulent à l'aide des opérations génériques « voir », « créer », « modifier » et « effacer ». Dans un éditeur de texte coopératif, il pourrait s'agir de lignes de texte par exemple. Les concepts d'objets et de classe d'objets sont empruntés à l'ingénierie informatique (programmation orientée objets) même s'ils s'en distinguent (par le fait qu'on ne parle pas d'héritage, de méthodes ou de transmission de messages). La

classe d'objet a donc un caractère générique, hors-contexte tandis que l'objet est une instance de classe ; pour reprendre l'exemple précédent, la classe d'objet peut être la ligne de texte et l'objet une ligne de texte particulière entrée par un utilisateur (instance de classe).

Pour chaque classe d'objets, les auteurs distinguent la sémantique intentionnelle (intentional semantic)) de la sémantique opérationnelle (operational semantic). La sémantique intentionnelle correspond à la description de l'usage attendu des instances de chaque classe d'objets ; c'est elle qui est décrite dans les manuels d'utilisation des collecticiels. Par exemple, la classe « commentaire » pourrait servir à enregistrer les commentaires d'un acteur A à propos d'un document produit par un acteur B. La sémantique opérationnelle d'une classe est formée des relations possibles de cette classe avec d'autres classes d'objets du système, et par les opérations qu'il est possible de lui appliquer. Dans l'exemple de la classe « commentaire », on pourrait dire que cette classe est liée à une classe « document » et une classe « commentateur » dans la mesure où un commentaire est produit par un commentaire au sujet d'un document.

Pour bien comprendre la différence entre la sémantique intentionnelle et la sémantique opérationnelle, reprenons notre exemple. Au fond, rien n'empêche un utilisateur d'employer la classe « commentaire » pour passer un message qui n'a aucun rapport avec un commentaire sur un document ; du côté du système, ce détournement de l'usage attendu n'est pas détectable. En revanche, le collecticiel est capable de contrôler la sémantique opérationnelle et ne pas permettre, par exemple, d'associer un commentaire à un autre objet qu'un document.

II.3.3.3.2. Modèle de coordination

Ellis et Wainer y définissent quatre concepts : l'activité, la procédure, la tâche et l'instance de procédure (endeavor). L'activité se rapporte à toutes les actions qu'un utilisateur peut déclencher dans un rôle donné et pour un objectif identifié. L'activité d'édition d'un dessin implique un auteur (rôle), un document, éventuellement des commentaires associés à ce document. etc.

Une procédure résulte d'un ensemble d'activités ordonnées entre elles. Par exemple, la procédure de validation d'un document est composée des activités « d'édition d'un document » et de « commentaire sur un document ». Une tâche est une instance (au sens de la programmation orientée objets) d'activité ; l'instance de procédure est son équivalent appliqué à une procédure. On voit donc deux niveaux ; l'un générique, celui des activités et des procédures, l'autre particulier, celui des tâches et des instances de procédures. Les tâches et les procédures peuvent être inactives lorsqu'elles n'ont pas encore débuté ou lorsqu'elles sont déjà terminées ; sinon, elles sont dites actives.

La coordination survient à deux niveaux possibles. Au niveau des activités, il s'agit de l'enchaînement ou de la dépendance des activités entre elles (ex. une activité A ne peut débuter que lorsqu'une activité B est terminée). Au niveau des objets — les objets tels que nous les avons décrits dans le modèle ontologique — la coordination concerne la manière de gérer la simultanéité des accès sur un même objet. C'est ce type de coordination dont nous parlons par exemple lorsqu'un utilisateur bloque l'accès à un document pendant qu'il le modifie.

Une étape (stage) est définie comme une description globale des instances d'activités (tâches) en cours. Ainsi, si un acteur A a déposé un document à l'intention d'un acteur B pour que celui-ci le commente, et que B est entrain de lui répondre, nous pourrions dire que l'étape à laquelle la procédure de commentaire est arrivée est « en attente d'une réponse de B ».

Tous les collecticiels ne permettent pas de définir une séquence temporelle d'activités. Dans un environnement de communication textuelle synchrone (chat), tous les participants sont engagés dans une seule activité. Dans la plupart des cas, ce type de collecticiels développe une coordination au niveau des objets très riches (accéder à plusieurs sur un objet complexe) mais une coordination au niveau des activités très rudimentaires.

Les collecticiels qui gèrent plusieurs tâches (ou instances de procédure), comme les gestionnaire de flux de tâches, proposent des mécanismes d'inspection des états pour les activités en cours. Il en existe sous plusieurs formes : des inspections sur les participants (participant-based inspection) qui renseignent sur toutes les activités dans lesquelles un participant donné est engagé ; des inspections sur les procédures (endeavor-based inspection) qui renseigne sur l'état global d'une instance de procédure (ex. « où en est la validation des plans de la phase APS ? »); des inspections de second ordre (second-order inspection) qui fournissent par exemple des

informations statistiques telles que la durée moyenne d'une activité, le nombre moyen d'activités dans lesquelles sont engagés les participants, etc.

Enfin, Ellis et Wainer propose quatre niveaux de concurrence sur les objets : séquentiel, parallèle, concurrence additive (additive concurrent), et concurrence totale (fully concurrent) qui correspond à des degrés de plus en plus élevés d'accès simultanés et concurrents à un même ensemble d'objets. Les deux derniers niveaux permettent aux auteurs de soulever un problème fondamental des collecticiels, principalement des collecticiels asynchrones, celui de « l'état en cours » ; en effet, l'accès à un objet du collecticiel ne garantie pas de la dernière mise à jour de cet objet. Le temps de notification, temps pour que l'information selon laquelle un objet est mis à jour soit transmise, est donc une composante cruciale ; cette notification peut être automatique ou manuelle.

II.3.3.3.3. Modèle de l'interface utilisateur

La recherche autour des collecticiels fait une grande place à la question de l'interface graphique utilisateur. Les auteurs décrivent trois composantes au modèle d'interface : la vue sur les objets, la vue sur les participants et la vue sur le contexte.

La vue sur les objets concerne les objets et les opérations contenus dans le modèle ontologique précédemment défini. La motivation principale de cette notion de vue sur les objets réside dans la possibilité de donner des perceptions différentes d'un même objet à plusieurs utilisateurs. On pourrait imaginer par exemple qu'une date de réunion s'affiche sous la forme d'un calendrier pour un utilisateur donné, et sous la forme d'une liste de date pour un autre utilisateur.

Le concept d'opération locale est lié à celui de granularité de l'information ; si l'on considère l'utilisation d'un collecticiel comme un ensemble d'envoi et de réception d'information, la granularité est la quantité minimale d'information envoyé et reçu à chaque itération de ce déroulement. L'opération locale est l'opération « minimale » effectuée par un utilisateur sans que ses partenaires en soient avertis ; ainsi, « entrer un caractère au clavier » est une opération locale dans bon nombre de collecticiels de discussion textuelle synchrone.

La vue sur les participants renseigne sur l'identité, la localisation, l'état instantané (ex. connecté ou non) des participants. L'information fournie par cette vue est souvent capitale car elle permet de déterminer le type de comportement collaboratif à adopter vis-à-vis de ses partenaires.

La dernière vue renseigne le contexte. Pour Ellis et Wainer, l'information contextuelle est de trois types : structurelle, sociale ou organisationnelle. Le contexte structurel est constitué par l'information sur les objets (ex. leur localisation dans la base, leur nature, leur relation à d'autres objets, etc.), sur les activités en cours, etc. Le contexte social inclut les règles et les normes utilisés par le groupe, règles et normes qui varieront d'un groupe (d'un projet) à un autre. Par exemple, un collecticiel qui repose sur l'utilisation des pièces virtuelles (métaphore spatiale), une pièce pourrait être réservée à la discussion avec le maître d'ouvrage, une autre pour la discussion sur les problèmes techniques, etc. Lorsqu'un utilisateur se trouve dans une pièce, il sait ce qu'il peut et ce qu'il doit faire et c'est ce qu'on appelle le contexte social. Le contexte organisationnel inclut des aspects propre à chacune des organisations participantes, comme la hiérarchie, les procédures qualités, etc.

Cela amène une autre considération. Quelle quantité d'information contextuelle doit être donnée à chaque participant, sachant qu'en dessous ou au dessus d'un certain seuil, cette information sera inopérante ? Le concept relatif à ce problème particulier prend le nom de niveau de notification (notification level).

II.3.3.4. Le modèle de Denver

Le modèle de Denver offre un cadre d'évaluation et de conception des fonctionnalités pour les collecticiels. Il résulte de la mise en commun de travaux de quatorze participants à l'atelier sur « la conception et l'évaluation des collecticiels », tenu pendant la conférence CHI'95 à Denver (Colorado).

Ce modèle comporte trois sous-modèles qui forment trois couches superposées : en haut, un modèle des objectifs et des besoins, au milieu un modèle de conception (du collecticiel) et en dessous un modèle technologique. Le développement principal du modèle s'est porté sur le modèle intermédiaire, le modèle de conception. C'est celui que nous allons examiner maintenant.

Le sous-modèle de conception (design submodel) est une partie du modèle de Denver ; il décrit un collecticiel

indépendamment de son champ d'application. Nous avons néanmoins choisi dans la mesure du possible de l'illustrer avec des exemples pris dans le domaine de l'ingénierie de la construction. Ce modèle est composé de cinq catégories qui permettent chacune de caractériser un collecticiel selon qu'il les intègre ou non : les personnes, les artefacts, les tâches et activités, les situations d'interaction, les protocoles sociaux d'interaction.

1. Les personnes. Une personne peut être identifiée par son nom, son adresse, son numéro de téléphone, son métier, etc. Son rôle peut être identifié par rapport à un groupe (ex. architecte), par rapport à la gestion du collecticiel (ex. administrateur), ou d'autres facteurs plus subjectifs (ex. des amis). Chaque personne peut appartenir à plusieurs groupes et tenir un rôle différent dans chacun d'eux. Les caractéristiques du groupe vont de « stable et homogène » à « instable et hétérogène ». Les auteurs du modèle de Denver notent que la représentation du groupe reste une question ouverte.
2. Les artefacts. Ce sont les objets produits et utilisés pendant les interactions. Il en existe cinq types génériques : le texte, le son (ex. la voix), l'image temporel (ex. film, animation), l'image statique (ex. plan, photo) et l'élément de calcul (ex. tableau, formulaire). Ces catégories peuvent se combiner à l'intérieur d'un artefact qui est alors composite. Les artefacts possèdent des attributs comme la cotemporalité (ex. message reçu au moment où il est envoyé), la révisabilité (revisability, ex. lorsque le producteur édite de manière privé un message avant de l'envoyer), la possibilité d'en faire un compte-rendu (reviewability), etc.
3. Les tâches et activités. Le modèle de Denver distingue quatre niveaux : les objectifs, les tâches et scénarios, les activités et les opérations. Les objectifs correspondent aux objectifs les plus globaux. Dans le contexte du bâtiment, les objectifs sont par exemple « concevoir puis réaliser un ouvrage », « respecter les délais et les coûts tout en garantissant la qualité souhaité », etc. À un niveau inférieur, les tâches sont par exemple « concevoir les plans d'un étage », « valider des documents », « négocier un prix », etc. Les activités se combinent pour former des tâches : « actualiser sa base de plans », « dessiner des ouvrages », « échanger des idées » en sont des exemples. Enfin, les opérations sont des manipulations élémentaires sur des artefacts (ex. lire une vidéo, enregistrer un graphique, éditer un texte).
4. Les situations d'interaction. Elles définissent la relation des participants entre eux, leur relation au temps et leur relation à l'espace. Les auteurs du modèle les représentent par une étoile à cinq branches (ou cinq axes) qui correspondent respectivement à cinq notions : la dépendance, la temporalité, la coordination temporelle, le localisation du groupe et la taille du groupe. Ainsi, les caractéristiques du collecticiel permettent de donner la position de cinq points appartenant à chacun de ces axes (le degré d'entropie maximum est situé au centre de l'étoile). Les cinq points obtenues, reliés entre eux, forment une figure à cinq côtés qui est une des « signatures » du collecticiel. Expliquons maintenant la signification des axes. La dépendance correspond au lien entre participants ; elle est « serrée » lorsque les participants doivent interagir souvent, « relâchée » lorsque les périodes où les participants n'interagissent pas est longue. Le lieu, ou localisation, détermine si les participants se trouvent au même endroit ou dans des endroits différents. La coordination temporelle détermine la part de coordination spontanée par rapport à la coordination planifiée, alors que la temporalité détermine la part d'interactions synchrones par rapport aux interactions asynchrones. La taille du groupe ne mérite pas d'explication plus approfondie.

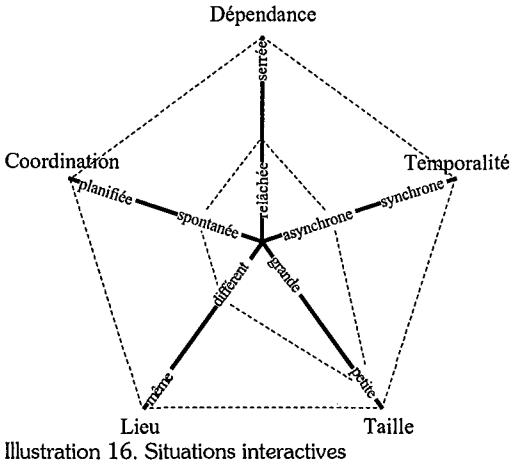


Illustration 16. Situations interactives

5. Les protocoles sociaux d'interaction. Un protocole d'interaction se réfère à une séquence autorisée d'échanges d'information qui détermine et identifie les conflits et ses résolutions. Les auteurs du modèle utilisent la même représentation en étoile à cinq branches que pour les situations interactives. Ici les branches correspondent au style de réunions (meeting style), à la détection de conflits et à leur résolution (contention detection and resolution), à la taille du groupe (comme pour les situations d'interaction), à la réglementation des interventions (floor control) et à la familiarité (formality of address). Le style de réunion décrit la façon dont les réunions entre participants se déroulent ; il est unidirectionnel dans le cas par exemple d'une conférence ou d'une présentation ; il est multidirectionnel lorsque tous les participants communiquent d'égal à égal. La caractéristique intitulée « détection des conflits et résolution » décrit la capacité du collecticiel à découvrir les conflits éventuels — au sens large, le conflit est une situation de concurrence ou d'opposition des participants — et le moment de leur résolution. Dans certaines situations, il est bon de découvrir les conflits précocement pour les résoudre immédiatement ; par exemple, lorsque l'architecte place une ouverture dans un mur à l'endroit où un ingénieur place une gaine technique. Dans d'autres situations, il est préférable de retarder le moment de la découverte du conflit ; par exemple, dans les phases d'esquisse du projet, deux architectes associés peuvent ne pas vouloir prendre en compte « en temps réel » d'éventuels recouvrements de leur travail, mais attendre de se rencontrer plus tard pour le faire. La réglementation des interventions se réfère à la façon plus ou moins dirigée d'agir ou par exemple de « prendre la parole ». Dans une discussion libre ou sur un tableau partagé, il n'y a presque pas de règles. Dans une procédure de validation d'un document, l'ordre des actions est beaucoup plus réglementé. La familiarité correspond quant à elle à la façon plus ou moins formelle et protocolaire qu'on les participants de s'adresser les uns aux autres (ex. un courrier électronique est habituellement moins « formel » qu'un courrier postal traditionnel, mais plus « formel » qu'une note écrite sur un Post-It.

La réceptivité (awareness[19]) est décrite comme la projection de cinq catégories citées plus haut, depuis le modèle de conception vers le modèle inférieur, le modèle technologique ou d'implémentation. Une vue est montré aux utilisateurs qui est la représentation des caractéristiques importantes disponible à chacun d'eux à l'écran.

19 Le terme anglais awareness semble recouvrir dans la littérature scientifique anglaise deux sens que nous avons choisi de distinguer en français. Ainsi, nous parlons de réceptivité lorsque ce terme désigne la faculté d'une personne à percevoir les actions des autres par exemple au travers d'une interface graphique (ex. clignotement, changement de couleur, etc.) ; mais nous lui préférons l'expression conscience de groupe lorsque nous voudrons parler d'une faculté plus large qui est celle de comprendre les objectifs du groupe, les actions entreprises et celles à entreprendre, et d'une manière générale tout ce qui fonde un groupe dans l'esprit de ceux qui le composent.

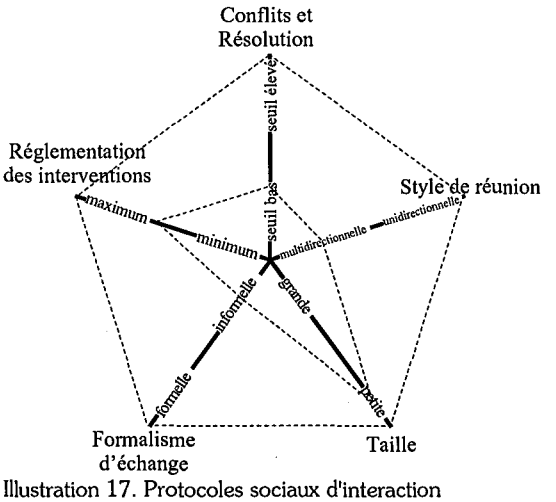


Illustration 17. Protocoles sociaux d'interaction

Les questions auquel répond la faculté de réceptivité varient selon les types de collecticiels et le développement qu'ils donnent de chacune des catégories appartenant au modèle de conception. Ces questions sont : « qui était là ? », « qui est là ? », « qui est attendu ? », « qui fait quoi ? », « où est untel ? », « est-il au courant de ce que je fais ? », « qui est le propriétaire de ces artefacts ? », « qui peux y accéder ? », « qui peux les modifier ? », « qui travaille dessus ? », « quels sont les artefacts sur lesquels les autres travaillent ? », « quel rôle joue untel ? », « qui joue tel rôle ? », etc.

II.3.3.5. Stratégie pour les équipes d'ingénierie virtuelles

Dans un article de 1997 [Line, 1997], Lars Line y défend l'idée que l'adoption d'une nouvelle technologie informatique pour collaborer à distance entre de petites et moyennes structures d'ingénierie dépasse la simple problème technologique et touche à la constitution sociale et à l'organisation même des structures participantes. Il dénonce le « déterminisme technologique » c'est-à-dire l'attitude consistant à voir dans les aspects techniques les causes et les solutions à tout problème.

Line développe ce que devrait être l'infrastructure d'une équipe virtuelle, avançant que les acteurs savent structurer leur propre organisation mais ignorent ce qu'impliquent l'introduction des technologie de réseaux pour un travail inter-organisationnel. Il intitule « maison des services » (house of services) cette infrastructure mettant en relation un ensemble de besoins et un ensemble de services disponibles. Les services sont décrits comme ce dont les acteurs ont besoin pour collaborer ; la maison des services accueillent l'ensemble des services et les ordonne les uns par rapport aux autres.

Ce développement part d'une hypothèse : les acteurs sont des ouvriers de l'information (information workers) qui collectent, traitent et produisent de nouvelles informations en interaction avec leurs partenaires. Ils déploient à cette fin des théories, mettent en œuvre des méthodes, font usage d'outils, etc.

Comment caractériser une équipe virtuelle par exemple par rapport à une équipe co-localisée ? Line répond : par le « facteur de distance » entre les membres de l'équipe. Ce facteur a trois implications en ce qui concerne les besoins :

la rapidité et l'immédiateté d'échange des informations ou objets physiques par rapport aux informations numériques est évidente. La substitution d'un support numérique à un support physique n'est pas une simple question de formes ; elle doit être intégrée à la maison des services ;

la complexité des informations impose que la communication soit riche, variée et qu'elle puisse permettre l'expression créative (avec des croquis et des schémas par exemple). Le monde numérique impose d'envisager des substituts aux formes de communication existantes, voire des nouveautés ;

L'échange numérique doit réduire les possibilités d'erreurs de communication (ex. erreurs d'interprétation, oublis, etc.) tout en conservant la qualité des échanges informels de personnes à

personnes.

Line déduit cinq besoins (techniques) auquel doit répondre la maison des services :

l'accès à l'information du projet (ex. documents, activités) ;

l'accès à des bases d'information générales (ex. matériaux, normes, lois) ;

le support à une communication technique riche ;

le support à la coordination ;

le support à la communication humaine et à l'interaction sociale.

Line reprend alors une classification des types de collecticiels en sept groupes et évalue chacun de ces groupes au regard des besoins qu'il a identifié (Illustration 18). Ces groupes sont : les systèmes de stockage, les messageries, les forums et espaces de discussions, le partage d'application, la vidéoconférence, l'hypertexte sur internet et les gestionnaires de flux de tâches.

	Système de stockage	Messagerie	Forum et discussion	Partage d'application	Vidéoconférence	Web (internet)	Gestionnaire du flux de tâches
Accès à l'information de projet	■	■	■			■	
Accès à des bases d'information générales	■		■			■	
Support à la coordination					■	■	■
Support à la communication technique				■	■	■	
Support à la communication humaine					■		

Illustration 18. Matrice des besoins et des services

La maison des services de Line est composé de trois parties superposées (Illustration 19) : les fondations, le corps de la maison, et le toit. Les fondations contiennent des services relativement « transparents » pour l'utilisateur ; ce sont le réseau (ex. par abonnement) et l'interface graphique (ex. Windows ou MacOs) qui sont les prérequis à tout logiciel de communication. On comprend pourquoi la « maison » repose sur ces bases là.

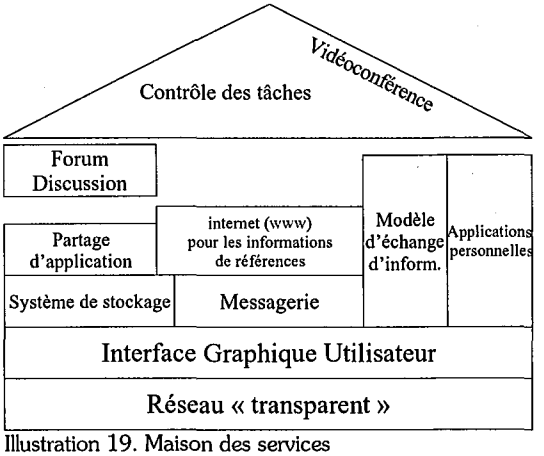


Illustration 19. Maison des services

Le corps de la maison est plus complexe et plus intéressant. Sur l'illustration, on peut voir un modèle d'échange d'information, chargé de faire le lien entre les applications personnelles (ex. Word, AutoCad) et les autres services de gestion de l'information : le système de stockage (entrepôt des données), la messagerie (service chargé de transmettre et recevoir des données), le partage d'application (service chargé de partager des représentations de données et des fonctions entre plusieurs utilisateurs), le moteur de recherche (sur internet) d'information générale. Le système de stockage et la messagerie sont des services de bas niveau ; le partage d'application et la recherche d'information générale s'appuie sur ces services. L'espace de discussion est un service appartenant également au corps de la maison.

Le toit comprend deux services qui chapeautent l'ensemble des autres services. On y retrouve le contrôle des flux de tâches et la vidéoconférence comme deux aspects complémentaires de tout travail coordonné : la coordination planifiée et la communication structurée en même temps que la coordination spontanée et la communication sociale.

Pour Line, la technologie est suffisante aujourd'hui pour collaborer dans une équipe dispersée. Les améliorations techniques viendront bien sûr améliorer l'efficacité globale des processus (vitesse des réseaux, connexion permanente), mais le problème est avant tout humain et social.

II.3.3.6. Grille d'analyse fonctionnelle

Dans [Molli et al., 2001], Pascal Molli[20] esquisse une grille d'analyse fonctionnelle des collecticiels. Nous le reprenons dans ses grandes lignes. Cette grille comporte quatre rubriques : les données partagées, les services de communications, les services de coordination, la conscience de groupe. Nous nous permettons d'y ajouter une rubrique qui n'appartient pas à la grille originel : l'architecture du système. Chaque rubrique est composée de fonctionnalités plus ou moins supportées par le collecticiel.

II.3.3.6.1. Les données partagées

Dans cette rubrique, nous trouvons les fonctionnalités suivantes : les objets et relations, le contrôle de concurrence (des objets), le mécanisme de versions, le contrôle d'accès :

> Les objets et relations. Le collecticiel met des types (ou des classes) d'objets à disposition des utilisateurs. Dans un lecteur de courrier électronique, ce sont les messages, les en-têtes de messages, les fichiers attachés, le carnet d'adresses, etc. Dans un collecticiel de projets partagés, ce sont les répertoires, les fichiers, les auteurs, les discussions structurées, etc. Tous ces objets maintiennent des relations entre eux (ex. un répertoire contient des fichiers et des répertoires). La complexité des objets et la pertinence des relations participent de la richesse fonctionnel du collecticiel. Les annotations (ou méta-données) par exemple sont un

20 Pascal Molli est un membre de l'équipe ECOO (Environnement pour la COOpération) du LORIA (Laboratoire lOrrain de Recherche en Informatique et ses Applications).

type particulier d'objets qui s'attachent à des objets pour les qualifier, les commenter, les critiquer.

Le contrôle de concurrence. L'exécution simultanée d'un collecticiel par plusieurs utilisateurs pose le problème de l'accès concurrent des données. Si le même fichier peut être modifié en même temps par deux utilisateurs distants, comment garantir un résultat cohérent et conforme à ce que souhaitent les deux utilisateurs ? Les stratégies développées pour répondre à ce problème sont multiples ; toutes ne sont pas également puissantes, ni aussi complexes. La plus simple consiste à bloquer l'accès d'un objet dès lors qu'il est utilisé par un premier utilisateur. D'autres stratégies permettent de s'affranchir de cette contrainte ; la stratégie du « copier-modifier-unifier » (copy-modify-merge) permet à un même objet d'être développé simultanément et isolément par plusieurs utilisateurs, à condition toutefois que le dernier « accesseur » de l'objet fasse l'opération d'unification des différentes versions.

Le mécanisme de versions. Certains objets ont pour vocation d'être transformés et augmentés ; c'est le cas des objets de type fichiers. Le mécanisme de versions permet de conserver la trace de l'ensemble des versions produites (parfois de manière concurrente) et le lien temporel qui les unit. Certains collecticiels ne gèrent pas les versions ; d'autres la gèrent de manière linéaire comme une suite simple de versions, d'autres de manière arborescente avec « branches » multiples, des jonctions, etc.

Le contrôle d'accès. Il est souvent nécessaire de restreindre l'accès aux objets partagés pour des raisons évidentes de sécurité. De nombreux collecticiels sécurisent leurs accès par la procédure de l'identification (« login » et mot de passe) ; l'utilisateur préalablement enregistré accède selon les droits qu'il a reçu à des objets sélectionnés. Ces droits d'accès déterminent des actions autorisées (voir, lire, modifier, effacer, créer, etc.) sur les objets. La politique de droits est parfois plus complexe ; un même utilisateur peut avoir des droits différenciés sur les objets et par exemple, avoir un droit de lecture seul sur un objet et un droit de modification sur un autre.

II.3.3.6.2. Les services de communication

L'informatique communicante profite de l'informatique multimédia ; selon le type de collecticiel, les utilisateurs échangent des textes, des images fixes, des vidéos, des sons, ou tout autre type de données (ex. fichiers). L'échange des données est soit synchrone (co-présence de l'émetteur et du récepteur), soit asynchrone (absence du récepteur au moment de l'émission). Le croisement des critères de type de média et de synchronisation résulte en un tableau des types de services de communications possibles (Tableau 4).

	Synchrone	*Asynchrone*
Texte	dialogue textuel (*chat*)	courrier électronique
Vidéo	*webcam*, flux de données (*streaming*)	fichiers attachés aux courriers électroniques
Image	tableau blanc	fichiers attachés aux courriers électroniques
Son	conversation téléphonique	courrier vocal (*voice mail*)
Autres données	tableau blanc, partage d'applications	fichiers, plannings

Tableau 4. Services de communication

Actuellement, peu de collecticiels supportent plusieurs services. La complexité technologique des solutions existantes amène les concepteurs de ces collecticiels à concentrer leurs efforts sur une seule technologie.

II.3.3.6.3. Gestion de la coordination

Les services de coordination ont pour but de permettre aux utilisateurs, tout au moins à certains d'entre eux, de prescrire aux autres des tâches. Il existe plusieurs niveaux de gestion de la coordination. Nous en distinguerons trois :

Le niveau manuel. C'est le cas de l'agenda partagé sous sa forme la plus simple. Les tâches ou événements sont réparties à des dates précises ; charge au personnel de vérifier s'il est concerné ou non. Les tâches prescrites peuvent être très librement formalisées dans la mesure où elles ne seront lues et comprises que par des « agents » humains.

Le niveau semi-automatique (enactment). Les services semi-automatiques permettent de formuler librement les tâches ; le système se charge des procédures de notification ou de rappel de tâches. C'est le cas de certains calendriers électroniques évolués ou des systèmes de « Post-It » partagés (To Do List).

Le niveau automatique. Les tâches sont complètement formalisées ; elles deviennent alors « compréhensibles » par le système qui peut alors prendre le contrôle de l'exécution d'un ensemble structuré de tâches. Les systèmes les plus aboutis dans ce domaine sont les gestionnaires de flux de tâches (workflow systems) dans lesquels on définit des procédures (ensemble de tâches et des conditions d'exécution de tâches) antérieurement à leur exécution. Leur efficacité est maximale dans des situations où toutes les éventualités sont envisagées (ex. procédure d'achat sur internet).

II.3.3.6.4. La conscience de groupe

Dourish et Belloti ont proposé une des premières définitions de la conscience de groupe ; « La conscience de groupe est la compréhension des activités des autres, qui fournit un contexte pour sa propre activité ». La conscience de groupe est un thème de plus développé dans le domaine du TCAO. Elle permet d'encourager la communication spontanée et informelle entre les personnes et les renseigne en permanence sur les événements importants afin de prendre les meilleures décisions.

Cette notion étant très générale, il est nécessaire d'en préciser le contenu et, à la suite de Greenberg [Greenberg et al., 1996], nous distinguons quatre sous-types de conscience de groupe. Ce ne sont pas exactement les sous-types donnés par Molli[21], mais nous pensons que ces deux façons de catégoriser sont complémentaires :

La conscience informelle de groupe (informal awareness) : connaissance élémentaire des personnes qui nous entourent physiquement ou virtuellement, de l'endroit où elles se trouvent.

La conscience de la structure de groupe (group-structural awareness) : connaissance de la position de chacun dans l'organisation virtuelle, de leurs rôles et responsabilités, des processus qui ont cours habituellement, etc.

La conscience sociale de groupe (social awareness) : information qu'une personne a sur d'autres personnes avec qui elle entretient une relation sociale, comme une conversation : leur humeur, l'intérêt qu'elle porte à une chose, leur attention.

La conscience de l'espace de travail (workspace awareness) : connaissance détaillée et mise à jour des actions entreprises par d'autres. Dans un collecticiel synchrone comme un tableau blanc partagé, il s'agit par exemple de savoir qui est entrain de dessiner, qui entre dans une session ou en sort, etc. Dans un collecticiel asynchrone comme les espaces de projets persistants (persistent shared workspace), il peut s'agir de savoir qui a modifié tel objet et quand.

II.3.3.6.5. L'architecture système

L'architecture d'un système dans ses aspects les plus élémentaires, parce qu'elle détermine indirectement certaines fonctionnalités du collecticiel, nous importe ici. Nous identifions trois critères qui s'avèrent souvent décisifs dans le choix d'un collecticiel :

Environnements d'exécution du client. Dans le secteur du bâtiment (en France), il en existe deux principaux

21 Dans le contexte du travail collaboratif à distance et de l'usage d'un environnement virtuel partagé par un groupe d'utilisateurs, ce terme de conscience de groupe désigne en fait la perception que possède chacun de la présence, de la localisation, de l'identité, de la disponibilité de l'autre à un moment donné, lors de la connexion. De plus ce concept s'étend à la perception de ce qui a été réalisé entre deux connexions successives, à l'historique de l'activité du groupe. Molli distingue, entre autres :
la conscience d'activité (activity awareness) : elle permet de savoir ce que font les autres membres du groupe à un moment donné.
la conscience de disponibilité (availability awareness) : elle permet d'être au courant de la présence physique des autres membres ; elle est utile pour débuter une communication synchrone.
la conscience du process (process awareness) : dans un cadre de procédures prédéfinies (du type workflow), elle rappelle à chacun sa place et celles des autres dans le processus global.

(Windows et MacOS), les autres étant très largement marginaux (ex. Unix, Linux). Évidemment, les collecticiels qui ne s'exécutent que dans un seul de ces environnements excluent indirectement les utilisateurs d'autres environnements.

Clients. Le client est le programme d'interface exécuté par l'utilisateur du collecticiel. Les clients web (web-based groupware) s'exécutent depuis un navigateur internet ; l'avantage de cette formule est son universalité — toutes les personnes ayant accès à internet ont un navigateur internet — et sa simplicité d'emploi ; l'inconvénient réside dans la faiblesse des interfaces graphiques et la difficulté à supporter la communication synchrone. Pour remédier à ces problèmes, certains clients « web » sont écrits, totalement ou en partie, dans le langage Java. Le programme client peut être écrit spécifiquement pour l'environnement dans lequel il s'exécutent ; contrairement aux deux solutions précédentes, ils nécessitent l'installation, parfois le téléchargement, d'un programme et des mises à jour occasionnelles. Ses avantages sont ceux que l'ont peut déjà obtenir avec les clients « java » avec en plus une meilleure intégration à l'environnement d'exécution (ex. possibilité de couplage avec des logiciels installés, interface graphique standard, etc.).

Serveurs. Le serveur est le programme qui dialogue avec les programmes clients ; il est le cœur du collecticiel car il centralise et pérennise les données (référentiel unique) de tous les utilisateurs. Dans la grande majorité des collecticiels actuels, le serveur est hébergé par une société qui « loue » (ou « prête » pour des évaluations) ses services aux utilisateurs. Dans ce cas, ces derniers ignorent la localisation du serveur et n'ont aucun contrôle sur la confidentialité des données qu'ils y entreposent. Quelquefois, le programme serveur est mis à disposition des utilisateurs pour une installation sur une machine serveur de leur choix ; par rapport à l'offre précédente, cela offre l'avantage de ne pas avoir à louer un service et d'avoir une capacité de stockage très importante ; les inconvénients sont l'obligation de disposer d'une machine serveur (avec une connexion permanente) et l'exigence d'une compétence informatique minimum encore rare chez les professionnels du bâtiment.

L'autre architecture, en pleine émergence aujourd'hui, prend le nom de « poste à poste » (Peer-to-Peer) sur lequel nous ne nous étendrons pas. Cette architecture logicielle s'affranchit d'une centralisation des données par un ou plusieurs serveurs. Les postes clients établissent des connexions directes entre eux. Si les problèmes de confidentialité des données et de dépendance vis-à-vis d'une société de services y trouvent un début de solution, la pérennité des données n'est assurée que si les utilisateurs, à la fois clients et serveurs, maintiennent une connexion permanente au réseau (ex. connexion ADSL ou câble).

II.3.3.7. Analyse des besoins fonctionnels

C'est ici l'occasion d'insister un point : les besoins fonctionnels d'un collecticiel, même lorsque son champ d'application est déterminé, ne sont pas une donnée de notre problème. Ils restent à découvrir et à justifier. La liste des besoins (et des solutions) que nous exposons ici est le résultat partiel de travaux mené par un groupe de travail formé à l'occasion du projet DemoWeb (« démocratriser le Web-Construction »)[22]. Bien qu'établie par des personnes expertes du secteur de la construction, cette liste n'a la prétention d'être ni définitive, ni irréfutable ; nous reproduisons ci-après ces besoins en reprenant leur formulation (en gras) et l'ordre même de leur exposition :

1. Schémas-types d'approbation de documents. « Fonctionnalité permettant de spécifier le circuit d'approbation d'un document sur le plan des responsabilités successives, des délais, etc. ». Le collecticiel doit gérer les étapes du process automatiquement et par exemple, envoyer des rappels aux acteurs lors de dépassement des délais. Cette fonctionnalité est utile pour l'approbation de documents et le contrôle de situations de travaux.
2. Gestion off-line d'un projet sans être obligé de travailler sur le serveur. Il doit être possible de consulter la base d'information sans se connecter au service. Cela implique que cette base est répliquée localement sur chaque poste.

22 Le projet DemoWeb (début en novembre 2000) vise à engager la démocratisation des outils coopératifs au sein de la communauté du bâtiment. Commandé par le Ministère de l'Industrie, ses principaux participants sont l'association MédiaConstruct (mandataire), l'UNSFA (Union Nationale des Syndicats Français d'Architectes), la FFB (Fédération Française du Bâtiment), la CAPEB (Confédération de l'Artisanat et des Petites Entreprises), l'École d'Architecture de Nancy (CRAI) et l'ISCPA (Institut des Médias).

3. Outil de cohérence de planning. Plus généralement, il y a une demande pour un système de gestion de plannings partagés ; cela trouverait son application lors du chantier, puisque s'y trouvent superposés le planning détaillé d'exécution du pilote, le planning de l'architecte, le planning financier du maître d'ouvrage, etc.
4. Gestion des décisions à prendre ou des points en suspens. Il s'agit de proposer aux utilisateurs des « profils-types » de résolution de problème, hypothèse faite qu'il existe des problèmes classiques notamment en phase chantier. Autre application : la gestion des compte-rendus de réunions. Chaque point de réunion étant clairement explicite, le système montre aux acteurs (ex. aux entreprises) les points qui ont été réglés depuis la dernière réunion et les points qu'ils restent à résoudre ; la diffusion du compte-rendu est automatisée.
5. Outil de visualisation des documents. Dans l'interface du collecticiel, il peut être utile d'afficher des documents alors même qu'on ne possède pas sur son poste (localement) les programmes qui permettent de les lire. C'est le cas lorsque des plans produits au format d'AutoCad doivent être visés par un maître d'ouvrage ne disposant pas de ce logiciel trop coûteux pour un usage de simple consultation.
6. Informations sur les actions accomplies sur les éléments de base. Il y a un besoin de traçabilité des documents ; « qui a déposé,chargé, modifié un document, et quand ? » sur les questions auxquels devraient pouvoir répondre un collecticiel.
7. Gestion de profils d'acteurs. Le profil d'acteur dont il est question ici est la capacité de l'acteur à lire des documents sous différents formats. Ce profil, attaché à la fiche signalétique des acteurs, permet à l'émetteur d'un fichier de savoir si son récepteur est capable de « relire » le fichier, pour s'en servir ou le modifier. Si ce n'est pas le cas, il pourra choisir un autre format « passerelle » en fonction de ce que lui indiquera le profil de son correspondant.
8. Routage d'un document vers un tiers. Il arrive qu'un acteur veuille communiquer un document à une personne qui n'est pas référencée dans le collecticiel. Il faudrait alors pouvoir lui transmettre ce document, par exemple en indiquent l'adresse électronique de cette personne.
9. Annuaire des plans (ou documents) à jour. Lorsqu'un document est modifié et mis à jour dans la base, il est utile que les acteurs concernés en soient avertis. Plus généralement, il serait opportun de proposer une fonction qui présenterait toutes les mises à jour (depuis la dernière synchronisation).

Tentons une première rationalisation de cette liste. En fait, nous devons trouver, derrière ce qui se présente comme une solution à un besoin, les problèmes indirectement posés. On peut alors s'apercevoir que nombre de ces besoins sont en réalité des anticipations de problèmes relevant de l'usage de l'informatique :

Le point 2 (gestion hors-connexion) est révélateur d'une préoccupation actuelle concernant le coût de connexion et indirectement, la vitesse des transferts de données par internet. La solution proposée (réplication locale de la base) est une réponse possible mais on peut en imaginer d'autres (notons que ce problème est moins sensible lorsque l'utilisateur dispose par exemple d'une ligne ADSL ; il est à prévoir dans un futur proche une généralisation de ce type de connexions) ;

Les points 5 (visualisation de documents) et 7 (gestion de profils d'acteurs) sont révélateurs des difficultés actuelles des acteurs à « lire » les fichiers produits par d'autres. C'est la question de l'intéropérabilité logicielle qui est pointée ici.

Le point 8 (routage de documents) ne peut être compris et justifié qu'à partir du moment où l'on considère que l'accès du collecticiel est réservé aux personnes qui sont « enregistrées » auprès du service (il pose donc une hypothèse sur la forme du collecticiel visé qui devrait comporter une telle procédure d'enregistrement). La solution donnée est technique ; elle passe par l'hypothèse que presque tout le monde possède une adresse électronique. Mais derrière elle, c'est le risque d'exclusion technologique (de ceux qui n'ont pas souscrit au service proposé par le collecticiel) ou, vu autrement, d'isolement technologique (de ceux qui ont souscrit au service par rapport « au reste du monde » des acteurs) qui est pressentie.

Les autres besoins exprimés relèvent d'un autre type d'anticipation, une anticipation de ce que l'outil informatique pourrait apporter aux pratiques professionnelles en terme d'automatisation :

Les points 1 (schémas-types), 4 (gestion des décisions) expriment le besoin des acteurs pour un contrôle et une gestion en partie automatisée des processus, surtout en phase de chantier. Au delà encore de ce besoin, on peut voir un besoin d'explicitation et de transparence des processus.

Le point 3 (cohérence des plannings) rappelle l'importance accordée par les acteurs aux outils de planification et de coordination temporelle des interventions nécessaires au moment du chantier. Comme évoqué pour les deux points précédents, ce point est révélateur d'une attente de transparence.

Les points 6 (informations sur les actions accomplies) et 9 (annuaire des mises à jour) sont relatifs à ce que l'on appelle dans le domaine du TCAO la conscience de groupe, et particulièrement la conscience de l'espace de travail (workspace awareness).

II.3.3.8. La mémoire des décisions

Dans une série de textes et d'articles[23], Schultz insiste sur l'importance de dépasser la vision de l'espace de partage entre acteurs comme simplement un espace de publication dans lequel les acteurs ne montrent que l'aboutissement de leur travail individuel. Selon lui, un collecticiel destiné à co-concevoir doit aider les participants à comprendre le projet en cours. Pour cela, il doit intégrer des fonctionnalités d'expression des besoins et de tracés des décisions.

Les processus de conception-construction entraîne qu'un grand nombre de décisions sont prises par une multitude d'acteurs, la plupart restent non documentées. Or il survient des situations où il est crucial de conserver une trace des décisions prises. Premier exemple : le client exprime un besoin qui n'est pas pris en compte par l'équipe de conception. Que la raison en soit un oubli ou un choix conscient de l'équipe de conception, le client y verra une défaillance qu'il pourra retourner contre ses auteurs. Deuxième exemple : au cours du chantier, l'entreprise propose un changement au projet. Même si cette décision paraît totalement justifiée, ceux qui la prennent peuvent être ignorants des raisons qui avaient présidé au choix initial et être confrontés à un problème qui pourtant avait été soulevés et résolus par l'équipe qui travaillait antérieurement.

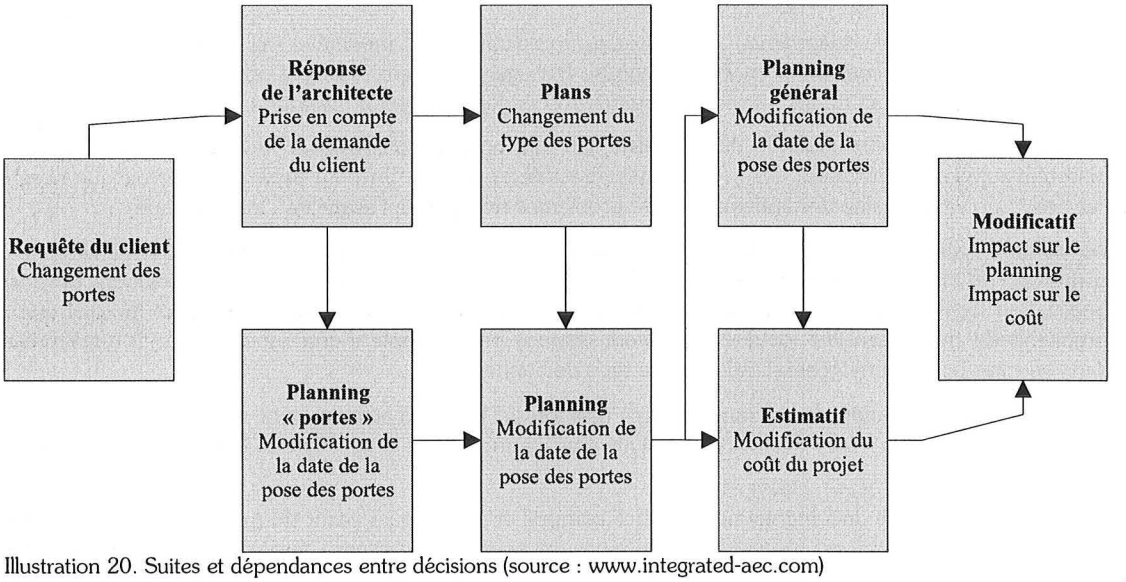


Illustration 20. Suites et dépendances entre décisions (source : www.integrated-aec.com)

Au moment où une décision est prise, nul ne peut prédire exactement ses conséquences pour la suite du processus (nous savons seulement que les décisions « précoces » conditionnent davantage la suite que les décisions tardives). Pour Schultz, il s'ensuit que toutes les décisions doivent dans un collecticiel être archivées et reliées entre elles et aux documents (Illustration 20). La nature des liens évoluent au cours du projet et en fonction des nécessités : les besoins du client doivent être exprimés en termes généraux (aspects extérieurs,

23 Uniquement consultables sur internet : www.integrated-aec.com.

circulation, matériaux, etc.), les questions ou recommandations de la maîtrise d'œuvre pendant la phase de conception doivent être reliées aux documents produits, la maîtrise des délais de construction en phase de chantier impose des liens entre plannings, documents et décisions.

II.3.3.9. Les défis des collecticiels

Jonathan Grudin, chercheur appartenant au laboratoire de recherche en informatique de l'université de Californie[24], s'est fait connaître dès la fin des années 1980 par ces critiques adressées aux concepteurs de collecticiels. En analysant les causes des échecs rencontrés par les collecticiels, il pose dans un article huit défis aux concepteurs de collecticiels [Grudin, 1994].

Pour Grudin, on ne conçoit pas un collecticiel comme on conçoit un logiciel à usage personnel (single-user application, par exemple un logiciel de dessin) ou un système d'information destiné à une organisation (organizational information system, par exemple un réseau informatique privé).

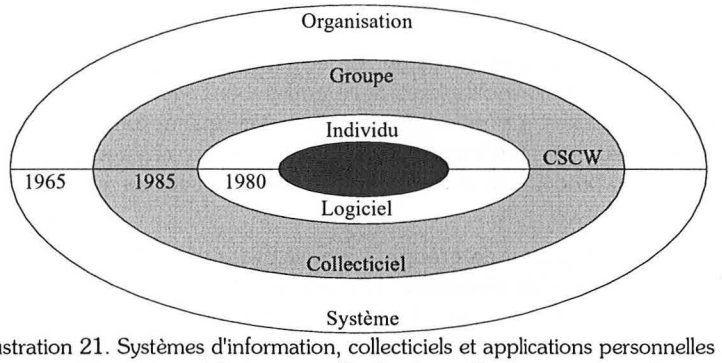


Illustration 21. Systèmes d'information, collecticiels et applications personnelles

Le groupe est dans une position intermédiaire entre l'individu et l'organisation ; cela signifie pour Grudin que les logiciels qui lui sont destinés doivent répondre à des considérations propres à la formation du groupe. Grudin note que les collecticiels sont apparus après les logiciels personnels et les systèmes de gestion de réseaux (Illustration 21). Alors que ces derniers sont aujourd'hui largement utilisés, les collecticiels connaissent un développement très lent dû à la résistance des utilisateurs.

Les systèmes de gestion de réseaux, généralement très coûteux, constitue pour les organisations qui en font l'acquisition un investissement important et dont la choix revient à des décision prises au niveau stratégiques de l'organisation. En conséquence, les responsables hiérarchiques n'hésitent pas à adapter leur organisation à ce nouvel outil en créant au besoin de nouveaux postes, en embauchant un personnel qualifié, en formant le personnel existant afin qu'il accepte plus facilement le travail avec un nouveau système, en restructurant globalement les fonctions de chacun, etc.

Les collecticiels ne sont pas apparus dans les mêmes conditions. Leur émergence est lié à leur faible coût pour tous les acteurs, la disponibilité de réseaux et de technologies logicielles associées, la familiarité des utilisateurs supposés avec l'informatique, la maturité des logiciels qui poussent les concepteurs de logiciels « personnels » à chercher de nouvelles voies de développement.

Les collecticiels affectent également de manière sensible les organisations, mais à la différence des systèmes d'information, l'équipe dirigeante n'intègre pas ces nouveaux outils dans une politique globale et des choix stratégiques. Selon Grudin, pour comprendre la principale cause des échecs rencontrés par les collecticiels, il faut savoir que l'intérêt qui leur est porté aujourd'hui vient de concepteurs ou d'utilisateurs de logiciels « clé en main » (off-the-self products) qui n'ont pas l'expérience des systèmes d'information. Or, et c'est là une première idée essentielle chez Grudin, un collecticiel n'est pas un produit « clé en main » que l'on range sur une étagère après s'en être servi profitablement.

Nous passons en revue les huit défis proposés par Grudin pour concevoir et évaluer les collecticiels et nous les examinons au regard du domaine qui nous intéresse, l'ingénierie de la construction :

1. La disparité entre ceux qui font le travail et ceux qui en tirent les bénéfices. Les bénéfices pour chacun des

24 Information and Computer Science Department, University of California, Irvine.

utilisateurs de collecticiels ne sont jamais tout à fait équivalents. Grudin montre ainsi que les calendriers de réunions partagés sont surtout profitables à ceux qui organisent les réunions et il prend pour exemple des détournements de la fonction initiale de ces outils à des fins « autoritaires » pour imposer des dates. Dans une opération de conception-construction, la représentation hiérarchique a plusieurs « têtes » et même ce détournement est impossible. Plus généralement, les collecticiels peuvent profiter aux acteurs qui ont un besoin de clarification et d'explicitation des rôles et des tâches, c'est-à-dire par exemple les entreprises générales ou certains maîtres d'ouvrages professionnels. Il n'est pas évident pour d'autres acteurs, artisans par exemple, que l'utilisation d'un collecticiel avec le surplus de travail qu'il impose réponde à une attente

2. La masse critique. Le collecticiel ne peut prétendre à un niveau d'opérationnalité effectif que lorsque le nombre de ses utilisateurs et leur représentativité est suffisante. L'exemple que prend Grudin est celui d'une base d'informations ; il montre que si la majorité des utilisateurs ne participent pas à l'alimentation de cette base mais se contentent d'y puiser des informations en attendant que d'autres travaillent, le collecticiel est voué à l'échec. Dans le domaine de l'ingénierie de la construction, cette stratégie égoïste conduirait sans doute à un résultat identique.

3. Les facteurs sociaux et politiques. L'informatique est le monde de l'information explicité ; les motivations des groupes coopérants, surtout lorsqu'il s'agit de groupes hétérogènes et éphémères comme dans le bâtiment, sont rarement explicites. La rationalisation du travail qu'impose le collecticiel est souvent une barrière à l'expression de besoins implicites des utilisateurs. Lorsque ces derniers ne trouvent pas dans le collecticiel les moyens de reproduire la complexité des relations sociales et politiques, le collecticiel est abandonné.

4. Gestion des exceptions dans le travail de groupe. Le travail tel qu'il a été pensé et devrait se dérouler est rarement le travail tel qu'il se produit réellement. Les acteurs obéissent à l'esprit plutôt qu'à la lettre, seul compte au font d'arriver au résultat escompté. Les règles de fonctionnement parfois rigides, dérivées d'une rationalisation post-hoc, apparaissent rapidement comme des contraintes et ne permettent pas d'affronter les situations exceptionnelles. Par exemple, dans le contexte d'un collecticiel, si un architecte chef d'agence, qui selon les règles mises en place doit valider le travail de ses employés avant de le diffuser à des acteurs extérieurs, est absent, cela peut amener à une impasse.

5. Intégration du collecticiel dans le dispositif logiciel existant. La plus grande part du travail accompli par les acteurs s'effectue de manière isolée sur des logiciels de production personnels (par opposition à collectif). Le collecticiel est utilisé au moment de communiquer une information ou pour coordonner les actions. Grudin plaide en faveur d'une intégration des fonctionnalité de collecticiels aux logiciels existants, lorsque cela est possible, plutôt que pour un développement de solutions indépendantes. Le contexte logiciel du bâtiment rend ce vœu particulièrement difficile à assouvir. Il y a ici un problème identifié par Grudin plutôt qu'une réponse à ce problème.

6. La difficulté d'évaluation des collecticiels. Alors que les applications personnelles peuvent être évaluées en quelques heures par son éventuel futur utilisateur, il faut des semaines voire des mois pour obtenir des résultats concernant un collecticiel. Le champ d'observation est sérieusement complexifié par le nombre des utilisateurs et l'étendue des conditions environnementales à prendre en considération.

7. Personne ne connaît le « bon » collecticiel. L'erreur relevée par Grudin consiste à n'évaluer un collecticiel qu'à partir d'un seul point de vue, même si celui-ci prétend englober les activités de tout le groupe. Dans notre cas, cette remarque signifie qu'il est trop réducteur de prendre l'avis du seul architecte ou de tout autre acteur pour choisir un collecticiel.

8. Gestion de l'acceptation. Les utilisateurs pressentis d'un collecticiel sont pour la plupart des utilisateurs de logiciels « clé en main ». Ils acceptent les défauts de leurs logiciels en toute connaissance de cause dans la mesure où ils les ont choisi. Ils ne sont pas prêt à accepter de la même façon les défauts d'un collecticiel qu'ils auront été contraints d'utiliser. Si les systèmes de gestion de réseaux locaux, ont fait largement l'objet d'étude sur leur acceptation dans les entreprises, les collecticiels ne font pas l'objet de telles préoccupations. Cet effort de sensibilisation des utilisateurs aux avantages des collecticiels doit être réalisé.

II.3.4. État de l'Art des collecticiels de projet

Les collecticiels capables de supporter le travail coopératif dans une équipe de projet architectural. Ils se différencient principalement par les moyens informatiques qu'ils mettent en œuvre. Nous allons en examiner cinq :

Les armoires à plans informatisés. Elles illustrent les premières utilisations de collecticiels dans le bâtiment. Ce sont aussi les solutions les plus lourdes d'un point de vue informatique et méthodologique, à l'opposé de la légèreté que pourrait réclamer l'entreprise éphémère.

Les gestionnaires de flux de tâches. Pratiquement inconnues du monde du bâtiment, nous montrons les potentialités de ces solutions et les difficultés d'application auxquelles elles font face.

Les logiciels augmentés de fonctions de groupe. Très particuliers, ce sont des collecticiels fondés sur des logiciels de production « courants ». Le potentiel de ce type d'outils est grand mais malheureusement limité à des groupes d'acteurs très fermés, utilisant le même logiciel.

Les logiciels d'annotation et de surlignage. Nous en verrons un exemple avec un environnement tridimensionnel (immersif) permettant l'annotation et la discussion. Là encore, le potentiel est fort mais le cadre d'utilisation est limité.

Les espaces de projet partagé. Proches dans leur fonctionnalités des armoires à plans informatisés, ils apparaissent comme les collecticiels les plus ouverts aux acteurs et aux opérations courantes du bâtiment.

II.3.4.1. Un précédent : les armoires à plans informatisés

II.3.4.1.1. Définition et caractéristiques

C'est en France que l'on trouve les entreprises de construction les plus importantes au monde. C'est aussi en France qu'on vu le jour dès le milieu des années 1980, les premiers « collecticiels » — le mot n'existe pas à l'époque — sur des opérations de nature exceptionnelle : la réhabilitation de la chocolaterie Meunier à Noisiel, le projet pour la Bibliothèque Nationale de France, pour l'hôpital Georges-Pompidou, pour le Grand Stade, ou encore le Technocentre de Renault. En 1987, trois sociétés[25] se partagent le marché des armoires à plans informatisés.

Les armoires à plans informatisés sont des solutions globales pour le partage d'informations. Employées jusqu'à présent dans de très grosses opérations de plus de 3 milliards de francs à cause du prix de leur exploitation (6% du montant total du coût de l'opération), les armoires à plans tendent maintenant à être accessibles à des opérations de plus de 20 millions de francs.

Pour donner une idée de l'ampleur de la gestion par armoires à plans informatisés, prenons les chiffres données par Daussy, directeur de Derbi Informatique, dans [Dechaume, 1997] : sur l'opération de l'Hôpital Européen Georges Pompidou (plus d'un milliard de francs de travaux), l'armoire à plans a permi de connecter jusqu'à 60 intervenants ; elle a stocké 30 000 plans (équivalents à 3 giga-octets) au rythme de 3 000 nouveaux plans par mois.

Une armoire à plans permet à tous les intervenants sur un projet de partager un espace de stockage électronique de documents (graphiques, textuels, tabulaires) tout au long des différentes phases. L'accès à l'armoire à plans est personnalisé en fonction de chaque acteur selon ce que stipule le contrat d'interchange[26] adjoint au marché d'études et de travaux.

Les principales fonctionnalités de l'armoire à plans sont le classement et l'organisation des documents, la communication entre les partenaires grâce à une messagerie associée et le maintien de la cohérence des données. Le classement des plans obéit à trois découpages qui permettent d'interroger la base de données : un découpage en domaine technique, un découpage par phase (esquisse, avant-projet, exécution...), un découpage en zones géographiques (ou en bâtiments, niveaux) proposé par chaque acteur en fonction de la pertinence de

25 Il s'agit des systèmes SGT (Derbi/OTH), Prosys (Serete) et EDI Management.

26 Le terme interchange est anglais. Il puise son origine au XIV[e] siècle dans le vieux français interchangier (verbe). Nous nous sommes permis de l'employer ici sans le traduire du fait de cette lointaine origine.

ses interventions. Le respect de règles sur la codification des cartouches (norme AFNOR) et des couches (norme ISO 13567 (organisation et dénomination des couches CAO) est nécessaire pour retrouver et exploiter les documents graphiques. Les messages de facturation se conforment à la norme EDIFACT.

II.3.4.1.2. Mise en place

Tout d'abord, une armoire à plans informatisées oblige à recourir à une société en charge de fournir ce service et à des acteurs inconnus du cercle traditionnel des acteurs. Lors des premiers chantiers avec armoire à plans, on a vu la fonction de synthèse cumuler celle d'administrateur de l'armoire à plan, ce qui posait le problème des rôles exactes de ces nouveaux intervenants et de leur place dans le processus de définition des documents. Avec l'expérience acquise, c'est désormais un membre de la maîtrise d'œuvre ou de la mission OPC qui gère cet outil.

Le déploiement et la maintenance des armoires à plans sont également très coûteuses. Le déploiement nécessite l'installation physique (hardware) d'un réseau de communication, de locaux d'accueil des équipes, et l'achat de matériels uniquement dédiés à cette occasion (ex. postes informatiques, tables traçantes). En général, les équipes travaillent ensemble sur un site à proximité du chantier ; elles peuvent communiquer (par ligne téléphonique) avec les organisations auxquelles elles appartiennent. La maintenance est assurée par un personnel qualifié présent sur le site et évidemment rétribué. Enfin, il faut former les acteurs à l'utilisation de l'armoire à plans. Cette étape est longue et coûteuse ; seules les organisations les plus « solides » financièrement peuvent se permettre cet investissement.

La mise en place d'une armoires à plans informatisés s'appuie sur le contrat d'interchange. Ce dernier vise à imposer une représentation formelle des données (essentiellement techniques) au cours des échanges, et à définir les modalités d'échange entre acteurs. Les modalités d'échange concernent les envois et les circuits de validation ; ils précisent ce que l'expéditeur de l'information attend de son destinataire (ex. validation, information). La formalisation des données doit répondre à trois préoccupations, fortement dépendants des capacités des systèmes informatiques employés :

- La nomenclature de référence : les acteurs doivent être d'accord sur la manière de nommer les fichiers (et les répertoires) afin de permettre à l'un d'entre eux de retrouver dans la base un fichier particulier dont il n'est pas l'auteur. Le nom du fichier est en quelque sorte sa carte d'identité ; il doit permettre d'identifier le métier de son auteur, sa nature (ex. plan, détail), son échelle graphique, son indice de révision, son état (ex. provisoire, archivé). Ce « nommage » des fichiers a donné lieu à des codifications des noms ingénieuses imposées par le fait qu'il fallait donner beaucoup de renseignements avec seulement les onze caractères alphanumériques (8+3) des systèmes d'exploitation anciens.

- La structure des plans en couches : la plupart des logiciels de CAO/DAO existants structurent les dessins en couches superposables. Le principe retenu pour les armoires à plans informatisés est de mettre à contribution cette possibilité pour attribuer de manière unique à chacun des acteurs (ou des métiers) une ou plusieurs couches. On y voit au moins deux avantages ; premièrement, il n'est pas possible lorsque l'on respecte ce principe « d'empiéter » sur le dessin d'un partenaire et les éventuels conflits topologiques entre deux couches se règlent entre les parties concernées ; deuxièmement, les données de l'échange sont limitées aux couches et donc plus légères en taille mémoire que le fichier complet (avec toutes les couches) ; cela améliore la transmission en terme de rapidité et de coût — n'oublions pas que ce sont les lignes téléphoniques qui sont employées — et, en découplant les différentes couches, permet à chaque acteur de recomposer un ensemble plus facile à mettre à jour. Autre point, ce découplage nécessite une entente sur une origine de repère pour permettre une superposition correcte des couches. Le système de repère est une donnée qui appartient également au contrat d'interchange.

- La codification des symboles : il est fait grand usage des symboles (ex. éclairage, détecteurs incendie, sorties et reprises d'air, matériels électriques, etc.) dans les dessins. Les bibliothèques de symboles se doivent d'être partagées afin d'homogénéiser la représentation pour la compréhension de tous. Cette codification concerne aussi les types de traits (pleins ou pointillés), leur épaisseur, les couleurs, les hachures, etc. Les effets stylistiques dans les dessins, la « touche personnelle », que les architectes peuvent avoir envie d'exprimer doivent être abandonnés.

II.3.4.1.3. Bilan d'expériences

Nous appuyons ce bilan sur une expérimentation d'armoire à plans informatisée conduite dans le cadre d'une REX (Réalisation Expérimentale) et relatée dans le livre [Chimits et al., 1996][27]. Les auteurs de cette analyse se sont eux-mêmes inspiré d'autres expérimentations, notamment pour la Grande Bibliothèque de France (architecte : Dominique Perrault). Nous récapitulons ci-après les qualités et les défauts repérés.

Le premier avantage des armoires à plans est la traçabilité, c'est-à-dire la possibilité de reconstituer l'historique précise et complète de l'opération afin d'aider à la recherche de responsabilités en cas de conflit. Cette transparence, inhabituelle dans le secteur, est sans doute un gage de qualité des échanges ; elle est à double tranchant. Elle intéresse principalement les acteurs pour la question du respect des délais est cruciale et notamment certains maîtres d'ouvrage professionnels ; les autres acteurs n'apprécient pas nécessairement cette nouvelle possibilité car désormais ils ne peuvent plus donner de faux prétextes à leur lenteur ou à leurs oublis.

L'autre intérêt des armoires à plans réside dans la compilation automatique des plans fournis par l'ensemble des partenaires ; le dossier d'exécution des ouvrages (DEO), qui reporte tous les modificatifs apportés aux plans durant le chantier, est ainsi constitué « au fil de l'eau ».

Les armoires à plans informatisés présentent deux défauts majeurs. Le premier concerne la formalisation du contrat d'interchange. Cette dernière représente un travail en soi qui pose la question de « qui doit l'écrire ? ». Sur le projet de la Grande Bibliothèque de France , une équipe d'ingénieurs a mis six mois à le constituer ; le résultat était un manuel de mille pages. Le second concerne l'application au jour le jour du contrat d'interchange. Parce que sa complexité le rend difficile à respecter, les acteurs commettent des erreurs qui se répercutent en cascade (ex. un fichier mal nommé n'est pas retrouvé), ou ce qui amène parfois à un résultat identique, contournent les « règles du jeu » et les allègent (ex. donner un coup de téléphone plutôt que de répondre via le serveur).

Il est intéressant de noter que, dans la comparaison qu'établissent les analystes de l'opération expérimentale, jugée de moyenne importance, et d'autres expériences encore plus importantes comme la Grande Bibliothèque de France, les règles formalisées dans le contrat d'interchange sont très différemment suivies. Dans la première, les circuits de validation et les plannings n'ont pas été utilisés contrairement aux opérations plus importantes. Remarquons que ce que les auteurs qualifient d'opération de moyenne importance pourrait être qualifiée d'opération très importante ou exceptionnelle pour la grande majorité des acteurs du bâtiment.

II.3.4.2. Les gestionnaires de flux de tâches (workflow systems)

Le domaine de recherche que nous abordons maintenant recoupe en partie celui du TCAO par ses préoccupations à la fois sociales et techniques. Mais le développement dont il fait l'objet, la littérature scientifique et les colloques qu'il suscite, en font un domaine de recherche à part, avec ses notions, ses concepts et ses modèles propres. Il convient d'en présenter quelques définitions fondamentales (pour une taxonomie des processus organisationnels, voir [Malone et al., 1993] [Crowston, 1994] [Huang, 1999]).

II.3.4.2.1. Terminologie du domaine

Ces définitions sont issues de l'organisme WfMC (WorkFlow Management Coalition)[28], organisme à l'échelle mondiale de la standardisation des technologies de gestion en flux de tâches.

La gestion en flux de tâches (workflow) est l'automatisation d'une procédure métier, en tout ou partie, pendant laquelle les informations ou les tâches sont transmises d'un participant à un autre, suivant un ensemble de règles de procédure. On distingue grossièrement deux types de gestion : la gestion de production en flux de tâches (production workflow) dans laquelle toutes les procédures sont décrites par avance, et la gestion ad-hoc (ad-hoc workflow) dans laquelle les procédures peuvent être modifiées ou créées pendant l'exécution de la procédure.

27 Projet de 100 logements à Poitiers, cette REX impliquait trois agences d'architecture indépendantes (sur plusieurs sites), un bureau d'études techniques et un maître d'ouvrage, en plus des concepteurs de l'armoire à plans (système SGT de la société OTH).

28 Source internet, URL : www.wmfc.org

Un gestionnaire de flux de tâches (worklow management system) est un système (informatique) qui permet de définir, créer et contrôler l'exécution de procédures. Il est constitué de cinq parties logicielles qui correspondent à cinq grandes fonctions de toute gestionnaire de flux de tâches : les outils de définition, le moteur (workflow engine), les outils de suivi, les interfaces utilisateurs et les applications externes. Le moteur est la partie centrale du gestionnaire car c'est lui qui exécute les procédures. Les outils de définition permettent d'écrire, en général graphiquement à l'aide de diagrammes de blocs (block diagram), les procédures exécutés par le moteur. Les outils de suivi mesurent le déroulement des procédures (charge de travail des participants, données statistiques sur le temps d'exécution moyen des activités, etc.). Les applications externes sont les applications logicielles lancés par les participants à la procédure pour réaliser une activité ; ce sont par exemple des traitements de textes, tableurs, éditeurs graphiques, etc. Les interfaces utilisateurs permettent de séparer conceptuellement les fonctions assurées par le moteur et les fonctions de présentation aux utilisateurs ; ainsi, plusieurs interfaces peuvent communiquer avec le même moteur — et donc rendre compte de l'exécution d'une procédure de manière différente — et une seule interface peut communiquer avec plusieurs moteurs.

Une procédure métier (business process) est un ensemble d'activités qui réalisent collectivement un objectif métier, habituellement dans le contexte d'une organisation définissant des rôles et des relations fonctionnels. Toutefois, la procédure peut engager plusieurs organisations, ou des organisations et des individus (ex. dans la relation commerciale entre un client et un fournisseur). Une procédure métier consiste en activités automatisées (prises en charge par le système) et en activités manuelles (prises en charge par des personnes).

La définition des procédures (process definition) est l'étape de représentation de la procédure métier sous un forme interprétable par un système d'exécution automatique (ou de modélisation) de cette procédure. Cette représentation consiste en un réseau d'activités reliées entre elles (transition), de critères de début et de fin de la procédure, d'information sur les participants, les applications logicielles utilisées, etc (Illustration 22). Une activité est une unité logique de travail à l'intérieur d'une procédure ; elle est manuelle — déléguée à un acteur humain —ou automatisée. Une transition est un moment de l'exécution d'une procédure (instance de procédure) entre la fin d'une activité et le début d'une ou plusieurs autres. Les transitions peuvent être conditionnelles ; dans ce cas, l'exécution de la procédure peut continuer sur une activité ou une autre selon la condition décrite.

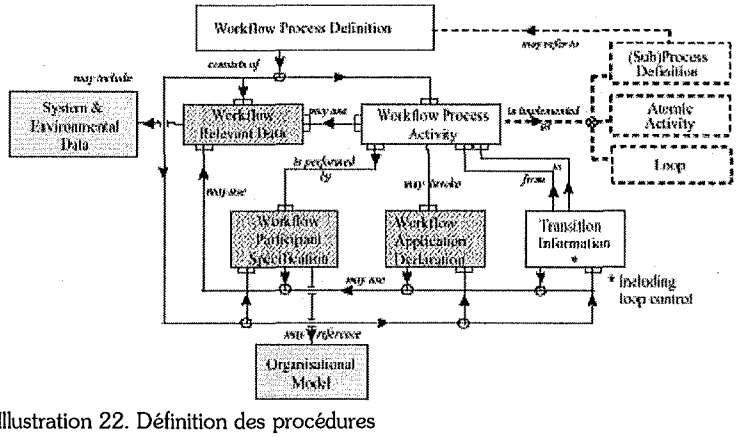


Illustration 22. Définition des procédures

II.3.4.2.2. Application au domaine du bâtiment

C'est pour répondre aux besoins de certains domaines, comme celui de la gestion administrative (ex. procédures de réservation de billets d'avion) ou de la gestion productive (ex. fabrication de pièces mécaniques sur mesure). Malgré des différences entre ces différentes applications, nous pouvons esquisser quelques caractéristiques communes que requiert la gestion automatisée en flux en tâches :

il est possible de décrire à l'avance des procédures complètes (le caractère stable et répétitif des procédures n'est pas une nécessité bien qu'il apparaisse porteur d'efficacité) ; les procédures doivent être connues et acceptées par tous les participants ;

il est possible de décrire des rôles procéduraux (process role), c'est-à-dire des rôles dans une procédure particulière, et d'identifier des participants qui sont capables et acceptent de les remplir.

On comprend pourquoi les outils informatiques qui assistent la gestion en flux de tâches connaissent leur développements les plus importants dans les applications administratives et productives. Le secteur du bâtiment méconnaît généralement ce type d'outils ; nous manquons d'expériences pour critiquer leur application à ce domaine. Cependant, en essayant d'anticiper leur usage, nous pouvons dire :

La phase de chantier se prête sans doute la mieux à l'utilisation de gestionnaires de flux de tâches. Certaines activités, comme la commande de produits auprès de fournisseurs ou la gestion des modifications, peuvent prétendre être formalisées en tant que procédures parce qu'elles sont identifiables dans le temps (un début et une fin), dans leur objectif, dans le collectif d'acteurs qu'elle nécessite, et peu variables d'une situation à un autre.

La phase de conception rend plus difficile l'application de procédures prédéfinies, même en ne considérant que la dimension communicationnelle de la conception (envoi et réception d'information). Les mécanismes de validation de documents eux-mêmes s'enclenchent souvent à la demande des acteurs de façon opportuniste et prennent souvent des tours difficile à prévoir. Néanmoins, dans certains contextes relationnels très formalisés, typiques des projets complexes dans lesquels le respect des coûts et des délais est primordial, la gestion en flux de tâches peut éviter aux acteurs une perte de temps, et leur permettre de concentrer leurs actions en fonction de priorités de tâches.

Des questionnements subsistent néanmoins concernant l'adoption de ces gestionnaires :

L'indépendance des organisations sur le plans des méthodes implique que la mise en place d'une solution de gestion automatisée de flux de tâches passe par une phase d'acceptation des procédures utilisées. Des personnes devront se charger de la définition de ces procédures et de leur soumission. Ces questions pour l'instant irrésolues rendent incertains l'acceptation de ces solutions auprès des acteurs les moins aptes à organiser leur temps de travail selon ces procédures.

Ces solutions n'augmentent pas la quantité de rapports de prescription (voir [Hatchuel, 1996]), mais l'explicitation de ces rapports. Si d'un point de vue objectif, l'explicitation des rapports entre les acteurs constituent un gain qualitatif du processus global de conception-construction, il met en danger certains jeux d'acteurs traditionnels fondés sur « l'implicitation » des demandes des uns et des autres. Il nous semble qu'un outil logicielle ne peut exiger un tel changement des pratiques sinon il risque d'être massivement rejeté ; en revanche, il peut inciter les acteurs à des pratiques plus transparentes s'il démontre qu'il n'est pas uniquement un moyen de surveillance mais qu'il est aussi un moyen d'organiser le temps de travail de chacun.

Ce que nous pouvons dire sur les gestionnaires de flux de tâches restent, en l'absence d'expériences réelles, du domaine de la conjecture. S'il nous paraît scientifiquement valable d'adopter la position selon laquelle l'outil doit s'adapter aux pratiques, il nous faut reconnaître que le contraire arrive. Dès lors, nous ne devons pas inconsidérément « fermer la porte » à ce que ces outils sont susceptibles d'apporter aux utilisateurs, mais plutôt entrevoir la manière de contourner les limitations qu'ils nous semblent receler[29].

II.3.4.3. Logiciels de production augmentés de fonctions de groupe

Le concept même de collecticiel renvoie à une catégorie de logiciels pensée de façon résolument différente des logiciels de production courants comme les traitements de texte, les tableurs ou les logiciels graphiques. Cette dissociation conceptuelle s'accompagne d'une dissociation réelle, à savoir que la plupart des collecticiels sont

29 La rencontre intitulée « Workflow clé en main » organisée par la MTIC (Mission interministérielle de soutien Technique pour le développement des technologies de l'Information et de la Communication dans l'administration) et qui s'est tenue le 14 juin 2001 a définit sept lignes directrices pour le développement de la gestion en flux de tâches ; nous reproduisons ci-après la troisième : « Le séquencement de la mise en place des outils est fondamental : Les outils de groupware et ceux de workflow contribuent à l'amélioration de la gestion et de l'administration des processus. Leur introduction pourrait être simultané. Néanmoins, les retours d'expérience montrent qu'il est sage d'introduire, dans un système d'information métier, d'abord des outils et des pratiques de groupware, puis des outils et des pratiques de workflow. »

des logiciels indépendants développés par des sociétés qui se spécialisent dans cette catégorie logicielle. Du point de vue de l'utilisateur, cela implique de gérer deux environnements logiciels distincts, la fonction de production étant séparée de la fonction de communication-coordination.

On comprend dès lors pourquoi certains éditeurs de logiciels, à l'affût de nouvelles évolutions de leur logiciel, se soient orientés vers l'ajout de fonctionnalités de groupe. Donner la possibilité de travailler en groupe en minimisant l'effort d'apprentissage et ce, en conservant toutes les fonctionnalités présentes et souvent puissantes du logiciel de base, présente beaucoup d'attrait.

C'est le cas du traitement de texte Word (Microsoft) qui permet de rédiger un texte à plusieurs et donne accès à des fonctions de mise sous version de fichiers, de comparaison de versions, de commentaires textuels ou vocaux, etc. Dans la catégorie des logiciels graphiques, nous avons choisi de porter notre attention sur le logiciel ArchiCad (Graphisoft) qui est doté lui aussi de fonctions de groupe en version de base.

Avant de commencer à expliquer les fonctions de groupe d'ArchiCad, donnons quelques repères importants sur le logiciel. C'est un logiciel de dessin à la fois 2D et 3D dans lequel toutes les représentations sont interactives (ex. une modification sur une coupe du dessin entraîne une mise à jour de tous les autres plans, coupes, façades et perspectives). Son fonctionnement le destine particulièrement aux architectes car il permet de créer directement, par des appels de fonctions, des parois verticales (murs et cloisons) et horizontales (dalles), des ouvertures verticales (portes et fenêtres) et horizontales (trémies), des escaliers, des toitures, des charpentes, des équipements divers, etc. Pour prendre un exemple, comparé à un logiciel de dessin plus généraliste, comme AutoCad (AutoDesk) dans sa version de base, ArchiCad représente un mur par des caractéristiques « métier » (formelles, topologiques et métrologiques) et non simplement par des caractéristiques géométriques (un ensemble de segments et de faces). La sémantique de son modèle de données est donc riche et relativement proche du modèle des IFC précédemment exposé.

Venons-en aux fonctions de groupe. ArchiCad permet de définir quatre rôles d'utilisateur : l'administrateur, le chef de projet, le membre de projet et l'observateur. Chaque rôle est identifié par un mot de passe et définit une liste d'actions possibles. Le découplage des rôles et des personnes permet tout aussi bien d'affecter plusieurs rôles à la même personne (ex. on verra que le rôle d'administrateur peut se cumuler avec celui de membre ou de chef de projet) que de permettre de faire jouer un même rôle à plusieurs personnes (ex. dans un climat de confiance, une personne peut reprendre le rôle d'une autre personne temporairement absente par emprunt du nom et du mot de passe). Cette flexibilité est utile dans des cabinets d'architecture dans lesquels la disponibilité des collaborateurs n'est pas toujours garantie.

L'administrateur. Rôle unique dans un projet, c'est lui qui cordonne toute l'équipe et qui est à l'initiative du projet partagé. Il est le responsable de l'équipe et de sa constitution. L'administrateur peut, entre autres choses, permettre aux autres membres de l'équipe « d'entrer » dans un projet, forcer à en sortir un membre, ou changer les mots de passe (le sien et celui des autres). L'administrateur n'a pas accès au projet lui-même (c'est-à-dire aux fichiers qui le composent).

Le chef de projet. Rôle unique dans un projet, c'est lui qui définit les règles d'utilisation d'ArchiCad. Il est le seul à définir les unités de mesure, les échelles de dessin, les niveaux (ou les étages), les calques, les attributs de dessin (épaisseurs et types de traits, hachures, couleurs, etc.) et les éléments de bibliothèque utilisés. Les actions du chef de projet se font dans un mode d'accès exclusif, c'est-à-dire qu'il est interdit à tous les autres membres de travailler sur le projet pendant le déroulement d'une de ces actions.

Le membre de l'équipe. C'est le rôle de celui qui dessine le projet ; il peut y en avoir plusieurs sur un projet. Lorsque le membre « entre » dans un projet, il lui est demandé de réserver un espace de travail sur lequel personne d'autre ne pourra travailler tant qu'il ne l'aura pas expressément libéré. Cet espace de travail est soit un ou plusieurs niveaux, soit un ou plusieurs calques (ex. placement des équipements sanitaires sur les calques spécialement prévus), soit une délimitation physique (et dans ce cas, le membre doit tracer un polygone de réservation sur le plan), soit une combinaison de ces trois critères. La synchronisation des différents membres (sur un réseau local) n'est pas automatique ; elle se fait à la demande d'un membre qui décide, soit d'envoyer aux autres ses propres modifications et dans ce cas il reçoit les modifications des autres, soit de ne recevoir que les modifications des autres. ArchiCad laisse la possibilité d'empiéter sur l'espace de réservation d'un autre membre ; au moment de la synchronisation des données, l'autre membre est averti de cet empiétement et il a le choix d'accepter ou de refuser d'inclure les changements à son

espace de travail.

L'observateur. C'est le rôle de celui qui accède au projet partagé pour ouvrir une copie, la sauvegarder sur son poste et la modifier s'il le désire. Toutefois, il n'est pas un participant actif au projet et ne peut réintégrer sa version au projet partagé.

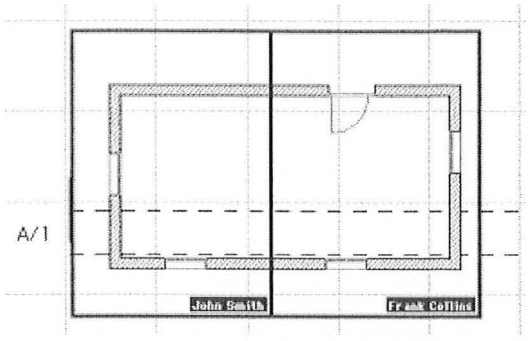


Illustration 23. Exemple d'un plan partagé en deux zones

Toutes les fonctions de groupe sont enregistrées dans un fichier de texte qui est le journal du projet.

L'exemple des fonctions de groupe accessibles sur ArchiCad montre qu'avec ce type de logiciel, les acteurs peuvent collaborer de façon très proche car la granularité de l'information partagée est fine. Par leur puissance, il représente pour le travail collaboratif assisté par ordinateur un idéal fonctionnel, mais qui est gravement compromis par la limitation inhérente à ces systèmes : ils ne « travaillent » qu'à partir d'un modèle de données propres au logiciel support et ne peuvent inclure les données provenant d'autres logiciels. C'est une limitation majeure et aujourd'hui infranchissable. Nous pensons même que ces collecticiels intégrés présentent le risque de renforcer encore davantage l'attache des acteurs à des solutions non-coopératives et de dresser des barrières de plus en plus hautes entre les logiciels.

II.3.4.4. Le surlignage en environnement 3D

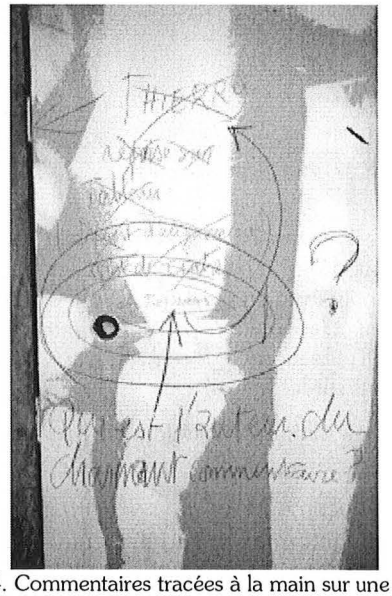


Illustration 24. Commentaires tracées à la main sur une cloison

Le surligneur en environnement tridimensionnel est un type particulier de collecticiel qui permet à un maître d'ouvrage non-professionnel, donc peu éduqué à la lecture de documents techniques et peu pourvu en

matériels et logiciels, de rendre une visite virtuelle à la maquette de l'édifice que l'architecte est entrain de concevoir. Lors de sa visite, il peut laisser des traces de son passage à l'architecte, sous forme de signes graphiques ou de commentaires, que ce dernier peut prendre en compte pour proposer plus tard une nouvelle « maquette ». Les premières expériences de tels environnements ont été faites par Davidson et Campbell [Davidson et al., 1996]

C'est la cas du projet Redliner développé par l'équipe du Sundance Laboratory (College of Architecture and Planning), et notamment Thomas Jung, qui consiste à annoter directement la scène tridimensionnelle visualisée en utilisant deux méthodes au choix du relecteur. Dans la première, le relecteur annote des éléments de la scène à l'aide de signes graphiques (flèches, points) et de texte. Ces annotations deviennent des éléments 3D appartenant à la scène. Le deuxième procédé permet au relecteur d'adopter un point de vue précis sur la scène et de tracer une esquisse superposée à la perspective (ex. dans un point de vue donné, le relecteur « corrige » la longueur d'une cloison en prolongeant les arêtes). Dans les deux cas, les annotations sont stockées dans un fichier différent du fichier de base et peuvent être relues par le créateur de la scène (rédacteur) ou par d'autres relecteurs.

L'annotation sur plans papier correspond à une pratique culturellement présente dans les pratiques du bâtiment ; sur le chantier également, les ouvriers écrivent parfois directement sur les ouvrages (Illustration 24). Le surlignage électronique est donc une reproduction technologique de cette pratique.

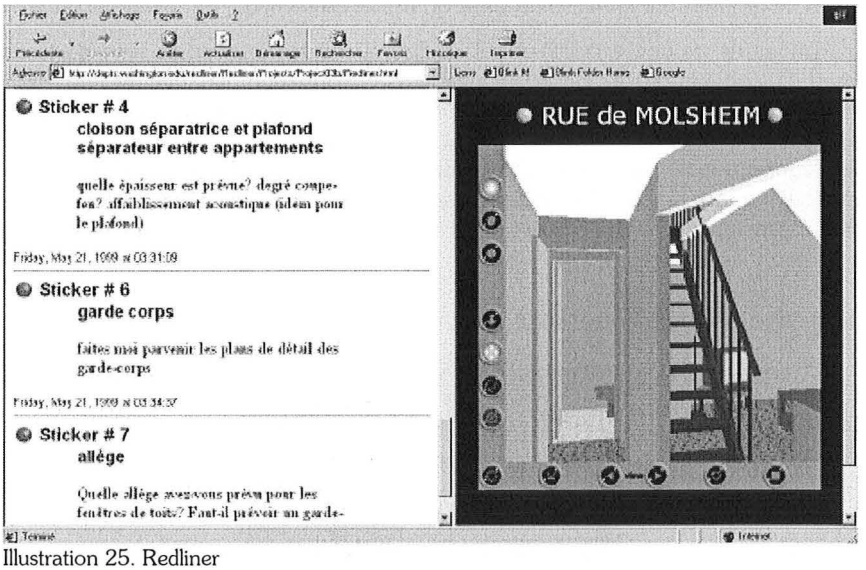


Illustration 25. Redliner

Typiquement, l'annotation n'altère pas le document annoté mais elle se superpose à lui comme une couche supplémentaire, indépendante de son support. Le meilleur rapprochement que l'on puisse en faire est la feuille de calque sur laquelle on dessine et annote avec un crayon rouge et à travers laquelle, par transparence, on lit un document graphique (texte ou plan). L'annotation peut alors être retournée seule ou être superposée à d'autres annotations, tout comme dans l'utilisation de documents papier, on pourrait ne renvoyer que le calque annoté et mettre plusieurs calques les uns sur les autres.

Bien qu'en apparence, le surlignage soit simple d'utilisation, il met en œuvre une forme déjà évoluée de collaboration. Et ce à plusieurs titres :

Le surlignage met en relation des documents (et même des parties de document) et des commentaires et annotations. Cette information supplémentaire est capturée pour être éventuellement tracée. Elle n'est plus une information volatile mais constitue en elle-même une information sur lequel les acteurs vont se fonder pour appuyer leurs justifications a posteriori et prendre de nouvelles orientations dans leur projet.
L'annotation suppose une dialectique des échanges. En effet, nous pouvons la voir comme une

forme de conversation composée de questions et de réponses : « pouvez-vous critiquer (sous forme d'annotations) ce document ? », que cette question soit explicite (posée directement par un acteur à d'autres acteurs) ou implicite (lorsque le document est rendu accessible à un ensemble de collaborateurs qui peuvent en faire s'ils le veulent un commentaire).

Mais nous formulons aussi des réserves concernant la mise en œuvre de cette technologie : la mise en œuvre du surlignage doit s'accompagner, si l'on ne veut pas tomber dans un désordre de communication, d'une structuration des commentaires et des documents commentés. En effet, si l'on imagine la situation où une dizaine de documents s'échangent entre cinq acteurs, chacun ayant loisir de commenter n'importe lequel des documents à des moments espacés dans le temps, on comprend que l'on arrive rapidement à des situations de confusion.

La force du surlignage est le fait d'annoter directement le document ce qui facilité le travail de relecture. C'est aussi sa limitation car l'application logicielle permettant le surlignage ne peut annoter que les documents dont elle « reconnaît » le format. La diversité des formats de fichiers héritée de la diversité des logiciels de production employés dans le B.T.P constitue donc un frein technique au surlignage.

L'annotation est une des formes possibles de commentaire ; elle n'est pas la seule, ni la plus adaptée à certaines situations. C'est le cas lorsque le commentaire ne peut être lié à une localisation précise de l'espace. Un commentaire d'ordre général sur un projet (ex. sur la répartition des pièces par étages) ne peut s'appliquer à un endroit précis de l'espace.

Dans le même ordre d'idée, l'annotation spatiale semble plus adaptée à une étape de conception avancée lorsque des aspects de finition et de détail sont critiqués ;

Dans la relation simple d'un architecte avec son client, la représentation tridimensionnelle à l'écran donne une impression de l'espace discutable. D'autre part, les qualités actuelles de rendus graphiques sont plus que limitées ; les aspects de couleur, de surface et d'éclairement sont extrêmement approximatifs et souvent trompeurs.

II.3.4.5. Espace de projet en ligne

Ce que nous appelons espace de projet en ligne ou espace de projet partagé (persistent shared workspace) sont des collecticiels aux fonctionnalités proches de celles fournies par les armoires à plans informatisés. La principale différence avec ces dernières concerne la logistique accompagnant leur mise en service ; utilisant le réseau internet pour faire communiquer les ordinateurs d'une équipe de projet, ils ne supposent le déploiement d'aucune infrastructure informatique spécialement conçue pour le projet, ni l'intervention expresse de techniciens pour les mettre en place. Leur mode de fonctionnement est essentiellement asynchrone, la persistance des données (le fait qu'elles restent disponibles à tous les acteurs même lorsque certains ne sont pas connectés) est assurée par un serveur qui garantie la continuité du service. Il en existe dédiés aux métiers de l'ingénierie, mais la majorité sont indépendants de tout domaine. On retrouve plus ou moins les caractéristiques suivantes dans chaque espace de projet partagé :

Organisation, stockage et transfert de fichiers ;

Recherche de l'information. Les modes de recherche vont du plus simple (ex. recherche par le nom du fichier) au plus élaboré (ex. recherche par combinaison de critères, ou par requête floue) ;

Notion de fiche attachée aux fichiers. La fiche est chargée de présenter le fichier et rassemble un ensemble d'informations sur lui (dates de création/modifications, auteurs, format, résumé du contenu, emplacement, approbation, etc.) ;

Gestion automatique des versions de fichiers (par indice) ;

Définition de différents niveaux d'accès à l'information ; chaque acteur se voit attribuer des droits sur l'ensemble ou une partie de l'information ;

Audit de fichiers, création de rapports automatiques sur l'état de la base d'informations.

D'autres caractéristiques présentes dans certains espaces de projet sont plus intéressantes pour l'ingénierie du bâtiment :

Prévisualisation de documents. Ainsi, par exemple, un plan modélisé à partir d'AutoCAD est consultable en lecture par un acteur qui ne dispose pas d'AutoCAD. Certains gestionnaires sont capables de reconnaître et visualiser une multitude de formats de fichiers (texte, graphique, son, vidéo) ;

Annotation ou surlignage sur le document (redlining). Sur le principe que nous avons exposé, des commentaires sous forme de traits et de textes sont ajoutés sur un document graphique sans que l'original ne soit altéré. L'ensemble, sur deux « couches » séparées (la première contenant le dessin original, le second les annotations), peut être renvoyé à l'expéditeur ;

Comparaison automatique de documents graphiques, lorsque les formats de fichiers sont connus. Les documents sont superposés et un système de couleurs permet de discerner les parties inchangées, modifiées ou nouvelles. Cette comparaison s'applique évidemment sur des versions différentes mais relativment proches d'un même document.

Pour une étude comparative de quatre collecticiels de projet partagé, on se reportera à l'annexe 3 situé à la fin du présent mémoire.

II.3.4.5.1. Discussion

Les collecticiels de projets architecturaux en ligne rassemblent beaucoup de points communs. Il semble en effet se profiler un « standard de fait » des services proposés, dont on peut esquisser quelques caractéristiques :

Ce sont des services payants, accessibles depuis un site internet ; le programme serveur n'étant pas proposé aux utilisateurs ;

L'accès au service passe par une procédure d'authentification de l'utilisateur ; le profil utilisateur est ensuite utilisé pour les droits sur les objets ;

Le collecticiel est organisé autour d'un gestionnaire de fichiers (organisés par répertoires) qui fournit un nombre plus ou moins élevé d'objets (ex. agenda, fichiers versionnés, etc.) et de fonctions (ex. planifier une réunion, visualiser des documents, etc.) ;

Le service de communication synchrone le plus développé est la discussion textuelle (mise en œuvre technique simple, elle ne nécessite aucun périphérique spécifique) ;

L'accent est mis sur la clarté de l'interface utilisateur et d'une manière générale sur la simplicité d'utilisation.

Seule une évaluation complète, c'est-à-dire prenant place dans un contexte réel de conception collaborative, permet de justifier d'éventuelles critiques que nous pourrions adresser à ces collecticiels. Par anticipation de l'expérimentation du prochain chapitre, nous en avançons quelques-unes :

Les collecticiels de projet en ligne s'apparentent à des couteaux suisses. Les fonctionnalités sont nombreuses (leur nombre est un argument commercial) mais elles sont très souvent indépendantes et sans rapport les unes avec les autres. En recherchant une intégration plus grande de ces fonctionnalités entre elles, il est probable que se profileraient des potentialités nouvelles (ex. mise en correspondance de fichiers et de tâches à exécuter).

Ils n'ont aucune intelligibilité des données contenues dans les fichiers et sont dès lors incapables de prévenir les incohérences éventuelles.

Les aspects de coordination temporelle, et par exemple la définition et l'exécution de tâches, sont rarement gérés alors qu'ils correspondent à une attente professionnelle (voir projet DémoWeb). Nous donnons deux explications à ce manque : ils sont généralement d'utilisation complexe (l'exemple des armoires à plans informatisés montrent un relatif échec des outils de circulation et validation des documents) et ils introduisent un rapport explicite de prescription entre les acteurs.

Ces collecticiels présentent une communauté de problèmes avec les armoires à plans informatisés ; ce sont la nécessité pour les acteurs de s'accorder sur un contrat d'interchange et de s'y conformer (structuration des répertoires, noms de fichiers, etc.). Ce qui est déjà difficile pour les opérations de type « armoire à plans », l'est a fortiori encore davantage dans un contexte où les relations entre acteurs sont moins

susceptibles de formalisation[30].

Les collecticiels de projet en ligne (programme client) sont avant tout des logiciels qui s'ajoutent au dispositif déjà lourd des outils logiciels professionnels, y compris à d'autres collecticiels comme les gestionnaires de courriers électroniques. Ce manque d'intégration et d'intéropérabilité constitue une barrière supplémentaire entre les utilisateurs qui ont la capacité d'apprendre à s'en servir et ceux qui ne l'ont pas.

II.4. Conclusion

Notre état de l'art ne pouvait être que très sélectif. Ce chapitre a fait un point sur :

les données et modèles de données pour le bâtiment. Nous avons vu que le modèle IFC est aujourd'hui, de manière incontestable, la plus importante initiative que le bâtiment ait connue pour modéliser l'ensemble des données afférentes au projet architectural. Si actuellement, et encore pour quelques années, l'unité élémentaire de l'échange numérique est le fichier, ce modèle laisse augurer pour demain que cette unité sera réduite aux constituants d'une « maquette électronique » de l'ouvrage (ex. un mur, un matériau, un prix, un coefficient thermique, etc.). Les collecticiels auront à intégrer cette nouvelle dimension — on ne parlera plus par exemple de droit d'un acteur sur un fichier mais de droit sur un type ou une partie d'ouvrage — mais cette « unification » n'est pas encore à l'ordre du jour.

les modèles coopératifs. Nous avons vu que toute situation de conception, et notamment dans le domaine de l'architecture, est dominée par des éléments d'incertitude qui rendent souvent impossible la prédétermination de tous les savoirs et de tous les processus conviés à la réalisation des activités coopératives. La prescription réciproque, en tant que tentative d'explication des rapports entre les acteurs collaborants, montre la voie d'un modèle coopératif où les schémas hiérarchiques et statiques de l'autorité décisionnelle n'ont plus leur place, et où l'expression d'entreprise-projet prend tout son sens.

l'analyse des collecticiels. Nous retiendrons que la complexité de la recherche sur le TCAO a engendré, chez les différents auteurs, des analyses dont les perspectives sont très variées et qu'il n'y a, à ce jour, aucun moyen unique de couvrir tous les aspects liés aux collecticiels. Nous sommes également mis en garde contre la « naïveté » de certaines approches de développement de collecticiels qui semblent ignorer l'implication sociale des collecticiels et les bouleversements qu'ils peuvent induire.

les collecticiels existants. L'offre de collecticiels est extrêmement étoffée aujourd'hui. Cette diversité va de pair avec une disparité : les collecticiels, souvent limités à un champ d'application spécifique, ne donnent, en réponse aux besoins des acteurs du bâtiment, qu'une seule solution : l'accumulation des collecticiels. Mais l'accumulation ne va pas dans le sens d'une réponse globale et cohérente.

Les collecticiels de projet partagé méritent une mention particulière : malgré toutes les limites que nous leur trouvons actuellement, ils nous apparaissent comme les seuls collecticiels capables de fédérer l'ensemble des acteurs tout au long du cycle de vie d'un projet. Ne contraignant pas les acteurs à utiliser un logiciel particulier (comme ArchiCad), ne les limitant pas à des situations coopératives particulières (comme les applications de surlignages), ils peuvent prétendre à une relative universalité. C'est dans leur direction maintenant que nous dirigeons nos regards (Expérimentation) et nos efforts (Modélisation).

Maintenant, nous anticipons quelque peu notre discours et donnons, à l'issue de cet état de l'art, des éléments d'orientation future de notre recherche. Il est évident que poser le problème général d'un environnement pour le projet collaboratif suppose de résoudre de nombreux problèmes ; nous avons dû faire des choix. Ces choix ont été diversement motivés par des questions de priorité et d'intérêt sur un plan cognitif. Nous synthétisons notre démarche par un schéma analytique (Illustration 26) qui montre notre progression parmi plusieurs niveaux de problématiques et nous permet de dire ce dont traitera notre travail et ce dont il ne traitera pas. Notons que toutes ces problématiques ont leur importance dans la problématique générale et que toutes devraient être

30 On peut faire un parallèle historique entre la situation actuelle, l'utilisation des armoires à plans informatisés dans le cadre exclusif des grands projets, et la situation passée de l'émergence des réseaux privés à l'intérieur des entreprises. Ces dernières ont progressivement substitué aux réseaux privés très coûteux et complexes des réseaux intranet fondés sur le protocole « grand public » internet. On pourra pour les mêmes raisons à l'avenir s'attendre à ce que les entreprises de bâtiment remplacent les solutions de type armoires à plans informatisés par des solutions légères, peu coûteuses, et extensibles.

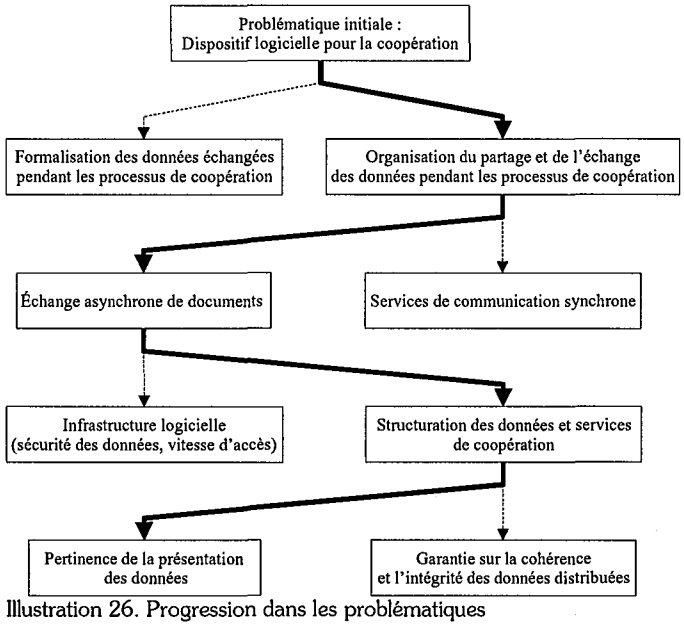


Illustration 26. Progression dans les problématiques

abordées dans la perspective d'une proposition globale ; notre choix n'indique donc pas notre désintérêt pour certaines questions.

Niveau 1 : « Organisation du partage et de l'échange de données » plutôt que « Modélisation et formalisation des données métier ». La recherche et le développement sur les modèles de données pour le bâtiment ont atteint une maturité que n'ont pas la recherche et le développement consacrés à l'organisation des échanges dans le contexte coopératif de la production (conception et construction) architecturale. C'est à ce dernier problème que nous donnons priorité.

Niveau 2 : « Échange asynchrone de documents » plutôt que « Service de communication synchrone ». Nous pensons que le travail collaboratif dans les métiers de l'architecture et du BTP est essentiellement fondé sur la production de documents conjointe mais répartie « temporellement » et géographiquement.

Niveau 3 : « Services et structures de l'information » plutôt que « Infrastructure logicielle ». L'échange asynchrone de documents pose des problèmes d'infrastructure logicielle, en particulier de vitesse de transferts de fichiers (cruciale pour les applications en ingénierie où le volume des fichiers est élevé), de sécurité des données partagées (on se rend compte que cette question est souvent préoccupante pour les professionnels), ou des problèmes d'extensibilité (comment assurer une qualité de services acceptable lorsque des milliers de clients se connectent simultanément à un serveur ?). Nous avons préféré laisser en suspens ces questions qui relèvent pour beaucoup de difficultés techniques et nous pencher sur des questions de services proposés aux professionnels dans le cadre d'application de production coopérative de documents.

Niveau 4 : « Représentation de l'information » plutôt que « Cohérence et intégrité de l'information ». Là encore, c'est notre préférence pour les problèmes de structuration et de représentation des données plutôt que pour les problèmes techniques qui a présidé à notre choix.

III. Expérimentation

III.1. Introduction

L'ordre conventionnel du discours scientifique place la partie expérimentale à la suite des parties consacrées à la modélisation et à la création de prototype, dans le but de valider ces dernières, d'en évaluer la pertinence et la performance, et de comparer une proposition nouvelle à des propositions antérieures qu'elle est censée améliorer. Dans notre cas, nous n'avons pu respecter cet ordre, car nous n'avons pas abouti — le travail eut été trop considérable — à une solution prête à l'emploi et fiable, et finalement valable en vue d'une expérimentation. En revanche, nous nous sommes servis d'un collecticiel abouti avec lequel nous avons conduit une expérimentation en préalable à notre modélisation. Nous cherchions, par la critique d'un collecticiel « représentatif », à approfondir les besoins et exigences des utilisateurs. Nous présentons ci-après le cadre de cette expérimentation.

III.1.1. Programme d'architecture

Le projet porte sur le réaménagement urbain d'une place (place Paul Painlevé à Nancy) que des logiques fonctionnelles anciennes ont voué aux flux automobiles en négligeant sa dimension piétonnière. Enjeu est donc donné aux concepteurs de rétablir un juste équilibre entre deux logiques de flux, dans un espace à la forme et aux dimensions contraignantes, et de rendre « lisible » et cohérent le rôle de la place à l'échelle du quartier et, au delà, à l'échelle de la ville.

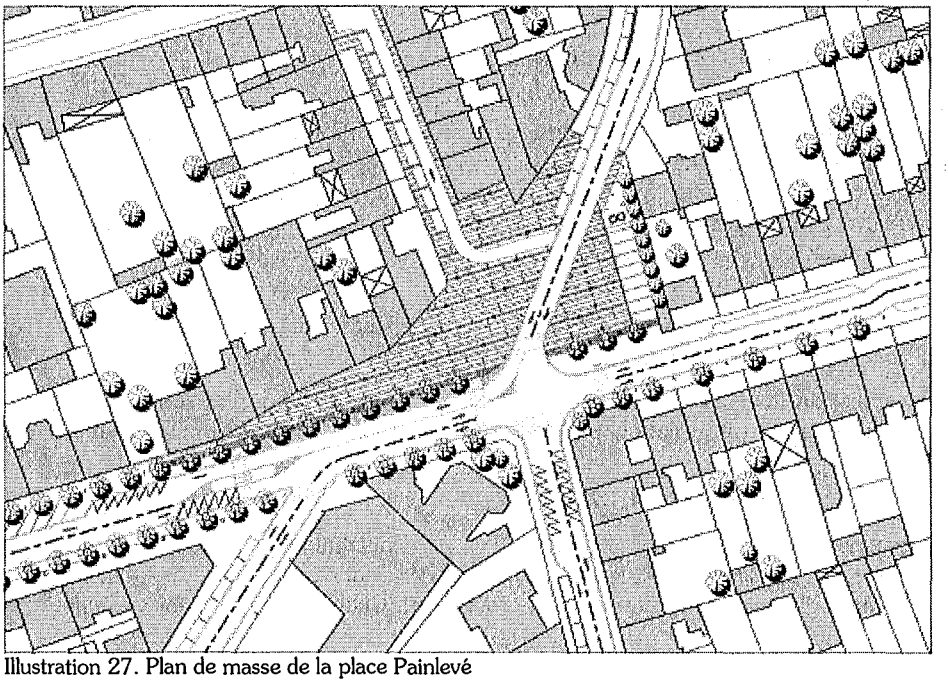


Illustration 27. Plan de masse de la place Painlevé

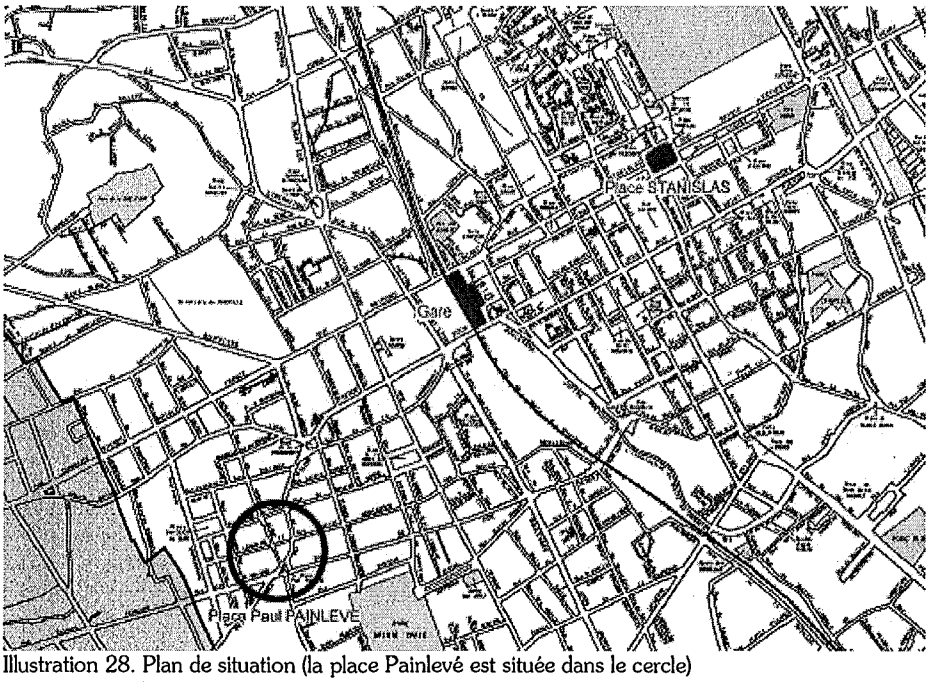


Illustration 28. Plan de situation (la place Painlevé est située dans le cercle)

III.1.2. Cadre de l'expérimentation

L'expérimentation prend pour cadre un projet d'enseignement de cinquième année à l'École d'Architecture de Nancy en relation avec le DEA « Modélisation et Simulation des Espaces Bâtis » ; trois étudiants[31], suivant ces deux enseignements, ont participé à l'expérimentation. La durée du projet, et donc de l'expérimentation, était de quatre mois (entre octobre 2000 et février 2001) divisée en deux parties de deux mois approximativement chacune, la première étant consacrée à un travail analytique et exploratoire commun, la seconde (pour des raisons pédagogiques) étant individuelle et devant aboutir à la production du projet urbain.

III.1.3. Objectifs de l'expérimentation

Les expérimentations d'outils logiciels coopératifs dans le secteur du bâtiment sont rares [Maher et al.,1996] ; les seules expérimentations dont nous avons eu connaissance utilisent des armoires à plans informatisés ; les hypothèses qui les sous-tendent sont quelque peu différentes de celles que nous essayons d'étudier : le caractère exceptionnel des opérations justifient une mise en place, une assistance et une mise à niveau technique auxquelles ne peuvent prétendre les acteurs et les projets dont nous nous préoccupons dans notre recherche. L'objectif est de mieux connaître les besoins d'une équipe de projet en terme d'outils de coopération. En particulier, nous sommes désireux d'appréhender :

l'efficacité des mécanismes de conscience de groupe : comment les acteurs se représentent-ils l'avancement du projet, les tâches qu'ils ont à conduire et celles que leurs partenaires ont à conduire ?

la pertinence des fonctions existantes : parmi les fonctions proposés, quelles sont celles qui sont les plus utiles, celles qui le sont moins, celles qui pourraient être améliorées ou qui pourraient manquer ?

III.1.4. Choix du collecticiel : BSCW

La première exigence concernant le collecticiel, motivée par l'incertitude quant aux moyens informatiques de tous les acteurs, est la simplicité et l'universalité de son accès. Nous répondons par le choix d'un collecticiel exécutable dans un navigateur internet (web-based groupware). Cette solution dispense en effet les utilisateurs

31 Aurélie Dufourg, Vincent André, Alain Peupion, étudiants de l'École d'Architecture de Nancy (2000-2001).

de l'installation d'un logiciel client sur les machines dont ils désirent se servir. Elle leur permet également de travailler depuis des endroits différents.

La deuxième exigence concerne la représentativité du collecticiel ; elle doit être suffisante pour donner valeur à une généralisation de sa critique. La priorité étant donnée à la conception coopérative de documents sur une période de temps correspondant à la durée d'un projet, le choix est fait d'un collecticiel de projet partagé fondé sur des échanges asynchrones (sans exclure les échanges synchrones). Notre choix s'est porté sur BSCW (cf. Annexes). Nous reprenons une liste des fonctionnalités de BSCW [Appelt, 1999] [Bentley et al., 1996] [Appelt et al., 1998] :

Authentification. Les utilisateurs ont la possibilité de s'identifier auprès du serveur ; cette identification est utile pour l'attribution de droits d'accès et l'historique des opérations.

Gestion de versions et verrouillage. Les fichiers déposés sur le serveur peuvent être versionnés (de façon linéaire ou arborescente) et verrouillés (seuls le propriétaires détient le droit de modifier le fichier).

Forums de discussions. Ce sont des objets de BSCW qui contiennent des messages textuels ; les messages sont organisés dans une structure arborescente où chaque message peut donner lieu à plusieurs réponses (situées à un niveau inférieur de la structure, le nombre de niveaux n'étant pas limité). Les forums de discussions sont des objets indépendants ou ils sont attachés à un fichier donné (annotation).

Droits d'accès. Ils permettent de restreindre l'accès à certains fichiers ou certains répertoires pour des utilisateurs déterminés. Cette gestion des droits est dans BSCW très complexe d'utilisation (ex. héritage de droits, surcharge de droits, définition et modifications de catégories de droits) et donc potentiellement puissante.

Notification d'événements nouveaux. BSCW compte sept types d'indicateurs d'événements nouveaux ; ce sont de petites icônes qui apparaissent à côté du nom de l'objet (répertoire ou fichier) : (1) lors de la création d'un répertoire ou d'un fichier, (2) lors d'une modification effectuée à l'intérieur d'un répertoire, (3) lors de la modification d'un fichier, (4) lors du renommage d'un fichier, (5) lors de la lecture d'un fichier, (6) lors du blocage d'un fichier et (7) lors du verrouillage d'un fichier.

Fonctions de recherches. Elles sont destinés à retrouver des objets (ex. fichiers, personnes, réunions) de BSCW, principalement des fichiers, selon leur nom et/ou leurs attributs (ex. auteur, date de modification).

Compression de fichiers. BSCW permet de compresser et de décompresser (au format zip) directement sur son serveur une liste de fichiers. Cela permet d'accélérer substantiellement les temps de dépôt et chargement de fichiers. Par exemple, l'utilisateur choisit de charger plusieurs fichiers depuis le serveur ; il l'est fait compresser sur le serveur et charge ensuite le fichier compressé (appelé archive) ; une fois sur sa machine locale, il peut décompresser cette archive et récupérer les fichiers qui la constituent.

Planification de réunion. Il est possible de planifier des réunions, et pour cela, de créer un objet spécifique (au même titre qu'un fichier) qui permet de déclarer des participants, un ordre du jour, un lieu et une date. Les participants sont ensuite alertés par courrier électronique de la tenue de la réunion et peuvent répondre présent ou absent ; la liste des personnes présentes ou absentes est mise à jour automatiquement et reste visible.

Accès anonyme. L'accès anonyme permet à des utilisateurs occasionnels de visiter un projet et d'accéder (en lecture seulement) à des fichiers déposés par des utilisateurs enregistrés.

Personnalisation de l'interface. Le collecticiel s'affiche dans une fenêtre de navigateur. BSCW permet d'exploiter certaines fonctions de navigateur (ex. contrôle ActiveX d'Internet Explorer pour des « glisser-déposer ») pour en améliorer l'utilisation (ex. glisser-déposer). Il est également possible de définir des niveaux d'utilisation (ex. expert, débutant) qui agissent sur le nombre de fonctions proposés. Enfin, il est possible de changer la langue utilisée, c'est-à-dire non seulement les textes, mais également les icônes.

III.2. Méthodes

Poursuivant notre effort de distinction entre le niveau de l'expérimentation (production et exploitation des résultats) et le niveau du projet architectural (production de documents graphiques et de maquettes), nous avons

été amenés à définir à la fois une méthode à destination des étudiants architectes, concepteurs du projet et une méthode à destination des expérimentateurs.

III.2.1. Plan d'Assurance Qualité

Tout projet coopératif requiert de la part des participants, dès son démarrage, un savoir méthodologique commun. Nous nous sommes employés à en fournir un, sous la forme d'un document que nous avons appelé PAQ ou « Plan d'Assurance Qualité » en référence à un document ayant cours dans des projets architecturaux ou urbains de plus grande envergure [Hanser, 2000].

Notre PAQ contient plusieurs points répondant à des exigences diverses :

Identité et rôles des acteurs. La liste des acteurs participant au projet est établie : les acteurs principaux sont les trois étudiants (abrév. AV-AP-VA) en architecture regroupés dans la maîtrise d'œuvre ; ce sont eux qui doivent établir les documents du projet, suppléés dans cette tâche par un quatrième acteur (abrév. DH) jouant le rôle de bureau de contrôle. Hormis ces quatre acteurs directement impliqués, trois autres acteurs, un chef d'agence d'architecture (abrév. JCB) un représentant de la commission de quartier (abrév. CQ) et un responsable de la mairie (abrév. M).

Phasage. Le projet est décomposé en cinq phases : les quatre premiers sont menés collectivement ; seul le dernier est individuel :

diagnostic et analyse des enjeux,

identification des contraintes,

analyse de faisabilité du projet,

trois propositions équivalente au niveau APS,

travail de projet équivalent au niveau APD.

Format de fichier. Pour faciliter la relecture de fichiers, quelques formats de fichiers sont imposés : le format .dwg (AutoCad) pour le dessin vectoriel, le format .jpeg pour l'image par points, le format .rtf pour le texte, le format .xsl pour les tableaux.

Structure de répertoire et nomenclature de fichiers. Á l'image de ce qui se fait pour les opérations de type armoires à plans informatisés, et par anticipation des problèmes auxquels elles se confrontent, il est fourni aux participants des règles de structuration de répertoires et de nomenclature de fichiers. Étant donnée la nature simplifiée de cette expérimentation par rapport à une opérations réelles, il a été omis la structure en couches des documents graphiques.

La structure des répertoires est le reflet du schéma organisationnel : chaque acteur dispose d'un répertoire personnel, sorte de boîte à lettres, à partir de laquelle il communique personnellement avec les autres membres du projet. Ces répertoires sont regroupés par famille d'acteurs (ex. maîtrise d'œuvre, maîtrise d'ouvrage) ; lorsque les communications concernent l'ensemble des acteurs d'une famille donnée, c'est à ce niveau qu'elle s'établissent. Le répertoire racine contient tous les répertoires par famille d'acteurs ; les objets qui y sont entreposés concernent donc tous les acteurs du projet. Notre expérimentation ne fait pas usage de la gestion des droits d'accès (proposée par BSCW) pour rendre visibles ou non certains objets en fonction de l'identité de l'utilisateur ; c'est la localisation de l'objet dans l'arborescence des répertoires qui détermine son « auditoire ».

La nomenclature des fichiers permet à un acteur qui n'est pas l'auteur d'un document d'en connaître les caractéristiques à partir de son nom seul. La codification choisie spécifie une décomposition du nom en quatre parties : le nom abrégé de l'acteur propriétaire du document (en général le premier à déposer le document), la phase du projet à laquelle il se rapporte, son contenu et son format électronique. Ainsi, le fichier portant le nom « AP_esquisse_Plan réseaux.dwg » indique qu'il s'agit d'un fichier produit par Alain Peupion (AP) lors de la phase esquisse se rapportant au plan des réseaux, et tracés au format .dwg d'AutoCad.

Formes des requêtes. Une fois précisés les deux points portant sur les répertoires et les fichiers, il convient

de spécifier par quel moyen les acteurs vont communiquer entre eux, leur question, leur approbation, etc. Il est décidé que c'est par le biais des fils de discussion que doivent s'exprimer l'ensemble des requêtes. Lorsque celles-ci ont un caractère générale, elles doivent être créées en tant que fil de discussion indépendant, à l'intérieur de la hiérarchie des répertoires ; la position qu'elles y occupent étant directement liée, selon la règle convenue, à l'auditoire qu'elles sont censés atteindre. Lorsque celles-ci sont des commentaires sur des fichiers, alors elles doivent lui être rattachées en utilisant la fonction de commentaire.

Répertoires publics. Le nombres des acteurs consultatifs étant susceptibles d'évoluer durant le projet, et pour éviter des procédures d'enregistrement auprès du serveur BSCW, un répertoire public a été mis en place dont l'accès anonyme, bien que limité à certaines opérations, est le moyen le plus simple de présenter des documents aux acteurs extérieurs (ex. membres de la commission de quartier non identifiés au démarrage du projet). Seuls y sont présentés des documents dont l'intérêt et le niveau de définition sont jugés pertinents.

III.2.2. Fiches de suivi

Date	Heure	Acteur	Actions	Document / Répertoire / Discu	Form	Chemin d'accès
08/11/00	11:19:00	Hanser	Création d'un répertoire	Painlevé PAQ		Painlevé Documents communs
08/11/00	11:05:00	Hanser	Effacement d'un répertoire	Painlevé-référence		Painlevé Documents communs
08/11/00	10:53:00	Hanser	Création d'un répertoire	Painlevé-référence		Painlevé Documents communs
08/11/00	10:52:00	Hanser	Modification du nom	Documents communs > Painlevé Doc		Opération Painlevé
08/11/00	11:33:00	Hanser	Création d'un fichier	Fiche de suivi	?	Painlevé PAQ
08/11/00	11:33:00	Hanser	Création d'un fichier	Descriptif de l'opération Painlevé	Word	Painlevé PAQ
08/11/00	11:49:00	Malcurat	Création d'un fichier	Icq2000b	Exe	Painlevé Outils
08/11/00	11:20:00	Hanser	Création d'un répertoire	Painlevé Outils		Painlevé Documents communs
08/11/00	11:13:00	Hanser	Création d'un répertoire	Painlevé MOU		Opération Painlevé
08/11/00	11:14:00	Hanser	Création d'un répertoire	Painlevé Association de quartier		Opération Painlevé
08/11/00	11:29:00	Hanser	Invitation (malcurat; peupion; dufourg; andré; bi	Opération Painlevé		
08/11/00	10:45:00	Hanser	Création d'un répertoire	Opération Painlevé		
08/11/00	10:51:00	Hanser	Création d'un répertoire	Documents communs		Opération Painlevé
08/11/00	11:12:00	Hanser	Création d'un répertoire	Painlevé MOE		Opération Painlevé
08/11/00	23:41:00	Peupion	Enregistrement	Opération Painlevé		
09/11/00	09:06:00	Halin	Enregistrement	Opération Painlevé		
09/11/00	13:52:00	Peupion	Création d'un répertoire	Painlevé Esquisses		Opération Painlevé
09/11/00	13:52:30	Peupion	Effacement d'un répertoire	Painlevé Esquisses		Opération Painlevé
09/11/00	17:00:00	André	Enregistrement	Opération Painlevé		
10/11/00	11:46:00	Dufourg	Enregistrement	Opération Painlevé		
13/11/00	17:22:00	Peupion	Création d'un répertoire	Painlevé Esquisses		Painlevé MOE
14/11/00	15:57:00	André	Lecture d'un fichier	Aide en ligne BSCW	Pdf	Aide BSCW
14/11/00	15:56:00	Hanser	Création d'un fichier	Aide en ligne BSCW	Pdf	Aide BSCW
14/11/00	15:55:00	Hanser	Création d'un répertoire	Aide BSCW		Painlevé Documents communs

Tableau 5. Fragment de la fiche de suivi de BSCW

Du côté de l'expérimentation, il s'agit dans un premier temps de conserver la trace d'un maximum d'actions effectuées par les acteurs principaux durant les quatre mois de projet. Pour cela, nous avons mis en place deux systèmes complémentaires fondés sur l'établissement de fiches de suivi. Les premières, appelées « fiches de suivie de BSCW » rapportent toutes les actions effectuées sur le serveur (Tableau 5) ; elles sont obtenues relativement simplement avec la fonction « historique du répertoire » appliquée au répertoire racine du projet. Les secondes, appelées « fiches de suivi hors-BSCW » sont destinées à capturer les actions importantes du point de vue de la compréhension générale du projet mais qui ne sont pas produites par l'intermédiaire du collecticiel et qui n'apparaissent donc pas dans l'historique automatique ; ce sont en particulier les réunions « physiques » de personnes, les échanges de disquettes, les coups de téléphone, etc. (Tableau 6). Ces fiches devaient être établies par les acteurs eux-mêmes, seuls détenteurs de cette information.

Date	Heure de début	Heure de fin	Média	Participants	Objet	Docs concernés	Décision
06/11/00	09:00:00	17:00:00	Réunion physique	AD VA AP	Analyse du site. Recher	Cartes, plans, photos	
07/11/00	18:30:00	19:30:00	Réunion physique	JCB DH VA AD AP	Définition du cadre de travail		
08/11/00	15:00:00	16:00:00	Réunion physique	AD VA AP BDU (Banque d	Recherches d'infos	Plan réseaux, cadatsre, photos aé	Possibilité d'a
08/11/00	16:00:00	17:00:00	Réunion physique	AD VA AP OM DH	Explication / Mise en pl	Interface BSCW	
08/11/00	09:00:00	15:00:00	Réunion physique	AD VA AP	Analyse du site. Recher	Cartes, photos, croquis, relevés	
08/11/00	18:00:00	20:00:00	Réunion physique	AD VA AP (réunion entre \	Contrat de Ville		Prises de cont
09/11/00	17:00:00	19:20:00	Réunion physique	AV AP	Recherches sur Interne	Photos (séquences)	Distribution du
10/11/00			Email	PN (Philippe Haouzi)	Echange d'adresse		
11/11/00			Réunion physique	AD VA AP PH	Annonce de la réunion de quartier		
14/11/00	08:00:00	13:00:00	Réunion physique	AD VA AP	Préparation A3 pour correction		
14/11/00	14:00:00	18:00:00	Réunion physique	AD VA AP MH	Correction projet	Historique – Commerces	
15/11/00	10:00:00	18:00:00	Réunion physique	AD VA AP	Préparation du rendu	Cartes, photos, etc	

Tableau 6. Fragment de la fiche de suivi hors-BSCW

Ces fiches vont nous permettre de donner des résultats objectifs sur le type d'opérations les plus fréquemment déclenchées, les types de documents produits, etc. Pour une analyse plus subjective, des entretiens informels

ont été conduits avec les étudiants pendant et après le projet afin de recueillir leurs avis sur le collecticiel, la pertinence des fonctions proposées, la compréhension qu'ils se faisaient du projet.

III.3. Limites de l'expérimentation

Toute expérimentation, surtout dans un domaine où les composantes humaine et sociale sont si fortes, présente des limites dans la généralisation de ses conclusions. Citons au moins deux raisons : les données contextuelles réelles sont très variables (nombre des participants à l'expérimentation, relations entre les participants, nature du marché, etc.) et n'ont donc que peu de chance d'être simulées par une seule expérimentation ; elles illustrent une diversité combinatoire que seules plusieurs expérimentations pourraient approcher. D'autre part, la nature même de l'expérimentation motive les participants qui consentent des efforts sans doute inaccoutumés dans une pratique ordinaire. En plus de ces deux facteurs, notre expérimentation est sujette à des limitations qui lui sont propres et qui reflètent le décalage entre conditions expérimentales et conditions réelles. Il convient de les préciser :

Le projet mené par les étudiants dans un contexte pédagogique est bien différent du contexte réel de production du cadre bâti. Les étudiants présentent chaque semaine à leur professeur l'avancement de leur travail. L'expérimentation du collecticiel ne pouvait interférer avec ce « projet » pédagogique ; il n'était en particulier pas question de confronter le professeur responsable du projet architectural à l'utilisation d'un collecticiel et aux éventuels difficultés techniques susceptibles de survenir. Ainsi, le professeur est resté extérieur à l'expérimentation, bien que son influence sur les orientations architecturales et le rythme de travail ait été déterminante. Pour combler l'invisibilité de cet acteur, les étudiants se sont employés à déposer sur le serveur des rapports de leurs corrections hebdomadaires. Pour relativiser l'importance de ce décalage entre contexte pédagogique et contexte réel, nous pouvons considérer le professeur comme le chef d'une agence d'architecture qui ne s'impliquerait pas directement les relations de projet, mais laisserait à ces employés le soin de le représenter à sa place ; la réalité nous montre de nombreux exemples de ce type..

Les conditions privilégiées d'accès à internet (à l'École d'Architecture de Nancy), en ce qui concerne la vitesse de transferts et la connexion permanente, favorise une utilisation dont la fréquence n'a sans doute pas d'équivalent dans le monde des professionnels d'aujourd'hui ; les étudiants n'ont donc aucune peine à lire et à déposer fréquemment des fichiers volumineux. Là encore, pour minimiser ce décalage, nous pouvons considérer que les conditions de connexion sont appelées à évoluer pour le grand public, et rejoindre celles de l'expérimentation.

La présence fréquente dans un même lieu et au même moment des trois étudiants (pour de questions de disponibilité matérielle) n'était pas de nature à encourager la communication via le collecticiel. Il est plus naturel de s'adresser oralement à une personne que l'on a face à soi plutôt que de recourir à une interface logicielle. Les fiches de suivi « hors-BSCW » anticipent ce problème, bien qu'elles ne puissent capturer le détail des échanges.

III.4. Résultats

III.4.1. Chiffres

Nous avons extrait des fiches de suivi de BSCW quelques données chiffrées pour connaître le classement des fonctions de BSCW selon le nombre d'appel et le classement des formats de fichiers selon leur fréquence d'utilisation.

III.4.1.1. Classement des fonctions par nombre d'appel

Le tableau suivant (Tableau 7) établit le nombre d'appels des vingt-sept opérations utilisées lors de l'expérimentation. D'après ces chiffres, il ressort que :

L'opération de création de fichier arrive en tête (200) devant l'opération de lecture de fichier (161), ce qui signifie qu'au moins trente neuf fichiers n'ont jamais été relus après avoir été déposé. Cela tend à montrer que le collecticiel a servi d'armoire à archives pour des documents qui n'avaient pas nécessairement vocation à être échangés. Cet emploi détourné du collecticiel s'explique par la situation expérimentale : les étudiants

architectes ne possédant pas de machine « personnelle » se servent de l'espace de projet pour entreposer des documents de travail personnels dont ils ne sont pas certains de se servir (photographies, croquis numérisés) ; les accès rapides au serveur et l'espace mémoire presque illimité rend ces sauvegardes aisées.

Le nombre relativement important d'appels à la fonction de renommage de fichier (18) montre à quel point il est crucial d'attribuer un nom suffisamment explicite à un fichier afin qu'il soit correctement interprété par les membres du projet.

La révision de versions de fichiers a été moins utilisée que le remplacement de fichier (4 contre 14) ; rappelons que la première fonction conserve l'ensemble des versions produites tandis que la seconde supprime l'ancien fichier en le remplaçant. Interrogés sur le peu d'utilisation du mécanisme de versionnement, les étudiants invoquent deux raisons : d'une part, pour nombre de fichiers, il n'ont pas jugé utile de conserver leurs états antérieurs parce qu'ils pensaient ne jamais à avoir à s'en resservir (le dernier fichier est le seul valable ; il annule les autres) ; en ce qui concerne les fichiers dont ils estimaient important de garder plusieurs états successifs, ils ne pouvaient recourir à la mise sous version parce que ces différents fichiers (correspondant aux différents états) n'étaient pas toujours localisés dans les mêmes répertoires ; par exemple, le fichier 'APS-plan_500-19/12/2000.pdf' situé dans le répertoire 'premier_rendu_19/12/2000' est la version antérieure du fichier 'Plan-500-04.pdf' situé dans le répertoire voisin 'Projet-22-01-2001'. Le lien logique d'antériorité entre ces deux versions est rompu ; la codification des noms même est changée.

Ce dernier point nous permet de formuler une remarque. Elle concerne la distinction entre la notion de fichier et la notion de document. Un fichier est l'artefact codé informatiquement d'un état (ou d'une version) de document ; cela amène plusieurs considérations :

Deux fichiers identiques du point de vue du contenu peuvent être différents par leur format d'enregistrement. Par exemple, il est possible de trouver un fichier au format .dwg et un autre au format .pdf décrivant le même dessin, le premier étant destiné à être modifié par les étudiants et le second destiné à la lecture uniquement pour les acteurs qui n'ont pas les moyens de lire le premier. Un collecticiel comme BSCW ne propose pas de moyen pour établir explicitement une relation d'identité de contenu entre ces deux fichiers qui constituent néanmoins un seul et même état de document.

Plusieurs états successifs d'un même fichier décrivent l'évolution d'un même document. Le document est une entité logique atemporel formée par la réunion de tous les états instantanés et transitoires ; c'est la différence qui existe par exemple entre « le plan du rez-de-chaussée » et « le plan du rez-de-chaussée au 1/20 en phase APD de l'architecte ». Le mécanisme de mise sous version de BSCW permet de rendre compte du lien entre ces états.

Plusieurs documents peuvent appartenir à une entité plus complexe ; l'ensemble des plans, coupes et façades, par exemple, ont une cohérence entre eux en tant qu'ils décrivent un état identique d'un même ouvrage architectural. Cette dépendance n'est pas supportée directement par BSCW (le seul moyen étant de placer tous ces fichiers dans un répertoire commun).

	Fonction	Nombre d'appels
1	Création d'un fichier	200
2	Téléchargement d'un fichier	161
3	Lecture d'un message	88
4	Création d'un répertoire	43
5	Suppression de fichier	36
6	Écriture d'un message	24
7	Renommer de fichier	18
8	Remplacement de fichier	14
9	Création d'un fil de discussion attaché à un fichier	12

	Fonction	Nombre d'appels
10	Création d'un lien internet (URL)	12
11	Mise sous version d'un fichier	10
12	Accepter une invitation	7
13	Création d'un fil de discussion	6
14	Coller répertoire	6
15	Modification de la description d'un répertoire	4
16	Couper répertoire	4
17	Révision d'un fichier versionné	4
18	Suppression d'un répertoire	4
19	Coller fichier	3
20	Copier fichier	3
21	Modification la description d'un fichier	3
22	Couper fichier	2
23	Invitation à une réunion	2
24	Verrouillage d'un fichier	2
25	Invitation au projet (Painlevé)	1
26	Suppression d'un fil de discussion	1
27	Rappel automatique de réunion (reminder)	1
Total :		671

Tableau 7. Nombre d'appels par fonction de BSCW

III.4.1.2. Classement des types de format de fichiers par fréquence d'utilisation

Les fichiers de dessin vectoriel ou en mode point sont prédominants, signe que la pratique du projet d'architecture est essentiellement graphique. Le format .dwg d'AutoCad étant imposé dans les échanges de plans, il est naturellement le format privilégié d'échange entre les étudiants qui disposent d'AutoCad. On remarque que le format .pdf (Adobe Acrobat) entre pour 20% des interactions totales sur les fichiers, montrant par là le souci des étudiants à ce que les acteurs extérieures puissent lire les fichiers graphiques sans être obligés de disposer d'AutoCad mais simplement grâce au logiciel Acrobat Reader (Adobe), gratuit et très répandu.

	Format de fichier	Nombre d'interactions
1	dwg (dessin vectoriel AutoCad)	29,8%
2	jpg (image en mode point)	22,5%
3	pdf (Adobe Acrobat)	19,4%
4	rtf (texte)	7,1%
5	bmp (image en mode point)	4,9%
6	doc (texte Microsoft)	4,0%
7	zip (compression de fichiers)	3,8%
8	dxf (dessin vectoriel)	2,2%
9	Autres	6,4%

Tableau 8. Nombre d'actions par type de format

III.4.2. Résultats critiques sur la conscience de groupe

À l'issue de l'expérimentation, nous avons pu établir des manques du collecticiel étudié en matière de conscience de groupe. Ces manques, nous l'avons constaté aussi, sont généralisables à nombre d'autres collecticiels reposant sur les mêmes principes que BSCW, et c'est pourquoi nous les reportons ici. Nous omettons volontairement les aspects critiques non généralisables à d'autres collecticiels (ex. interface graphique confuse de BSCW) :

Pour rendre la plus simple possible l'utilisation du collecticiel et la moins sujette à confusion, la gestion des droits d'accès a été limitée à son strict minimum. L'authentification des utilisateurs leur permettaient d'accéder à tous les répertoires et fichiers du projet. Les indicateurs d'événements qui signalent les changements effectués sur les répertoires et les fichiers en ont été d'une pertinence notablement réduite, dans la mesure où il arrivait souvent qu'un utilisateur soit alerté d'une modification qui ne le concernait en rien. Le manque de spécificité dans l'information du changement amène un effet pervers de l'intérêt initial de ces indicateurs : lorsque beaucoup de modifications sont effectuées, l'utilisateur ne prêtent plus attention à aucun changement et risque de ne pas distinguer, au milieu de la quantité des indicateurs, ceux qui l'intéressent vraiment.

La prescription explicite des tâches entre acteurs est manquante. On peut dans une certaine mesure la simuler en recourant aux fils de discussion mais on n'obtient pas tout ce que celle-ci pourrait apporter si la notion de tâche était présente en tant qu'objet explicite de BSCW (ex. gestion personnelle des tâches, des priorités entre tâches, de l'état en cours des tâches, etc.). Pourtant, comme nous l'avons montré dans le chapitre précédent, la prescription réciproque (de tâches) est un moteur essentiel du travail collaboratif. Dès lors, il semble important que chaque acteur puisse avoir à sa connaissance à tout moment la liste des tâches qu'il a lui-même prescrit ainsi que la liste des tâches qui lui ont été prescrites.

Au cours de l'expérimentation, nous avons pu observer un relâchement dans le respect des règles de nomenclature de fichiers. Ces règles qui ont pour objectif de faire porter par le nom même du fichier l'information le concernant selon un format précisé (auteur_phase_objet.format) n'ont pas été observées strictement jusqu'au bout du projet. Cette non-conformation aux règles peut aboutir à la situation dans laquelle le nom d'un fichier ne donne plus aucune information sur sa nature et son contenu. Par exemple, les noms de fichiers suivants ont été relevés lors de l'expérimentation :'A3 jour 010126' et '015d' ; ils ne sont plus compréhensibles que par la personne qui les a créés. La dérive d'utilisation des règles est toujours probable lorsque le respect des règles dépend d'un opérateur humain. Ce qui est déjà vrai dans le cadre d'un projet unique l'est a fortiori lorsque l'acteur participe à plusieurs projets en même temps (avec des règles qui peuvent différer pour chacun d'eux). On retrouve là une difficulté des armoires à plans informatisés.

Les fiches de suivi hors-BSCW font état de trente réunions réelles, nombre qui peut sembler élevé relativement à l'importance du projet. Peu d'entre elles (deux) ont été organisées en recourant à la fonction

de planification de réunion intégrée à BSCW.

III.5. Discussion

III.5.1. Gestion des droits d'accès

Dans la plupart des collecticiels que nous avons passés en revue, et dans BSCW en particulier, les données partagées sont entreposées sur une machine serveur ; chaque projet fait l'objet d'une réservation d'un espace logique (ex. répertoires, pièces) et d'un espace physique correspondant (ex. taille mémoire). Les participants au projet « s'abonnent » à cet espace logique. Cet espace logique est organisé selon une structure arborescente de répertoires et de fichiers, bien connues — et c'est la raison principale sans doute de son choix — des utilisateurs d'informatique.

Les acteurs qui participent à un projet ont un besoin de confidentialité. La confidentialité consiste à réserver, à l'intérieur de l'espace logique du projet, un sous-espace logique logique (d'ailleurs ayant les mêmes propriétés structurelles, à savoir la décomposition en sous-espace logique). Le sens donné à cette décomposition peut varier ; dans notre expérimentation la structure en répertoires a été utilisée pour réserver des espaces à des groupes d'acteurs.

Nous nous intéressons maintenant à évoquer divers scénarios pour garantir cette confidentialité.

III.5.1.1. Proposition 1

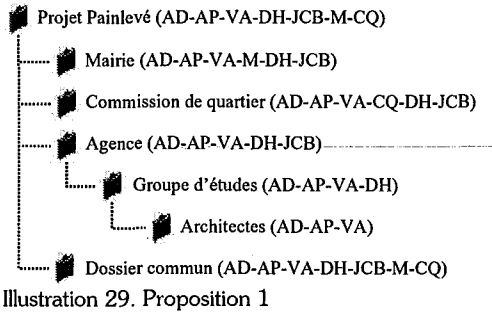


Illustration 29. Proposition 1

Il s'agit de reproduire dans le système de répertoire le schéma organisationnel (Illustration 29). À côté du nom de chaque répertoire figurent, entre parenthèses, les noms abrégés des acteurs censés avoir accès aux répertoires. Nous pourrions dire que cette structure est obtenue par synthèse soustractive c'est-à-dire que plus on descend dans l'arborescence des répertoires et moins l'on trouve d'acteurs.

L'avantage de cette structuration est sa relative simplicité puisqu'elle découle immédiatement du schéma organisationnel. Par rapport au collecticiel testé, BSCW, elle pose cependant un sérieux problème. En effet, les répertoires de BSCW héritent des membres de leur répertoire supérieur ; ainsi l'accès à un sous-répertoire est transmis aux utilisateurs qui ont déjà un accès au répertoire supérieur. Dans notre exemple, cela signifie que tous les utilisateurs ont accès au répertoire privé des architectes, ce qui est contraire à ce que nous voudrions obtenir. Le sens classique de l'héritage est donc contraire au sens logique du schéma organisationnel.

III.5.1.2. Proposition 2

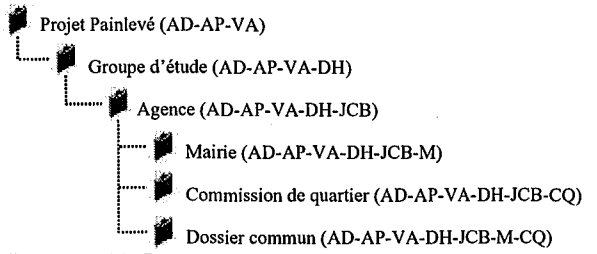


Illustration 30. Proposition 2

Pour répondre au problème précédent, il est tentant de vouloir structure les mêmes répertoires, mais à l'envers, par « synthèse additive », en ajoutant des membres à chaque fois que l'on descend dans la hiérarchies des répertoires. Le répertoire racine est ainsi réservé à un petit groupe tandis que le répertoires « feuilles » est accessible à tous les membres du projet. (Illustration 30). BSCW, dans ce cas, permet rapidement de rendre compte de cette structuration qui lui et davantage « naturelle » que la précédente, bien qu'elle puisse heurter la logique humaine.

Cependant , il nous faut remarque que cette structuration n'est pas l'exacte équivalente du point de vue des accès de la première. Dans celle-ci, les architectes ont accès tous les documents et répertoires du projet ; ensuite cet accès est étendu au BET, etc. Là où nous réservions des espaces privatifs, nous ne pouvons faire de même ici et d'une certaine manière, nous violons la règle de confidentialité. Plus que cela, il nous a fallu définir des acteurs omnipotents qui ont accès à tout l'espace logique du projet, ce que à bon droit d'autres acteurs peuvent leur dénier. Nous reconsidérerons ce point plus loin dans notre exposé.

III.5.1.3. Préalable à une proposition 3

Essayons maintenant de trouver une solution qui répondrait aux problèmes posés par les deux structurations précédentes. Dans la proposition 1, la structuration est « naturelle » ; elle dérive du schéma organisationnel. Mais le collecticiel rend difficile le maintien de la confidentialité. Dans la proposition 2, qui profite du sens descendant de l'héritage des membres, ce problème est résolu au prix d'une incohérence logique avec le schéma organisationnel et d'impossibilité de confiner plusieurs espaces privatifs.

Nous ajoutons à ces critiques particulières, trois autres critiques qui leur sont communes en tant que structures hiérarchiques :

La hiérarchie des répertoires interdit la transversalité ; si au cours du projet, un des architectes décident de partager des documents avec un des membres de la commission de quartier, sans en référer à d'autres participants du projet, ils se trouveront dans une impossibilité ; car il n'existe nulle part un espace partagé qui leur soit commun exclusivement.

Il est fréquent qu'au cours de la vie d'un fichier, celui-ci soit rendu accessible à un cercle de plus en plus large d'acteurs (ex. dans les cycles de validation). Dans une approche où ce sont les répertoires qui déterminent le niveau d'accès, cela a pour conséquence qu'à chaque stade de son évolution, le fichier est copié d'un répertoire à un autre, selon un ordre croissant du nombre de personnes qui doivent potentiellement y accéder. La copie doit être effectuée manuellement par un des utilisateurs (Illustration 31). Des difficultés pour maintenir une cohérence entre des copies multiples sont probables. Cette ubiquité du document présente le risque qu'un même document, représenté par plusieurs fichiers identiques, soit modifié concurremment entraînant au mieux un travail manuel supplémentaire de fusion entre les copies, au pire une perte d'information contenues dans l'une des copies.

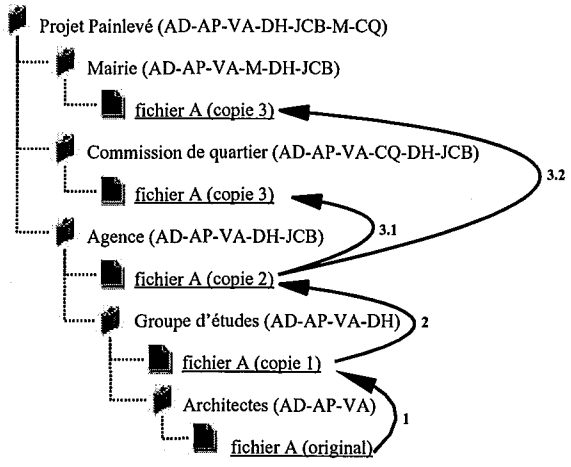


Illustration 31. Exemple de copies multiples d'un fichier

Chaque utilisateur doit connaître pour chaque projet dans lequel il est imparti, la structure de répertoire distante en plus de la structure de répertoires locale (sur sa machine). Il doit également faire une correspondance entre des noms de fichiers différents sur ces deux référentiels mais qui correspondent au même fichier. Cette effort de mémoire est à la charge de l'opérateur humain guetté par les défaillances et les oublis.

III.5.1.4. Proposition 3

Cette troisième proposition tente de répondre à toutes ces critiques (hormis la dernière concernant la séparation mentale entre référentiels local et distant, qui pose une difficulté insurmontable pour un système comme BSCW). Cette proposition consiste à ne plus administrer les droits d'accès sur les répertoires, mais d'administrer directement les droits sur les fichiers (Illustration 32).

La structure des répertoires n'a plus besoin d'organiser les niveaux d'accès, c'est au niveau de chaque fichier qu'est décidé le droit d'accès. Les problèmes d'impossibilité de transversalité, les problèmes de copies multiples sont résolus ; ceux posés par l'imbrication hiérarchique (dans un sens ou un autre) également. Mais une nouvelle difficulté survient : la complexité engendrée par la gestion explicite des droits sur chaque fichier. Dans le cas de BCSW, cette gestion est extrêmement puissante ; en revanche elle s'exerce au détriment de la simplicité d'utilisation. Pour notre expérimentation, il eut été impensable d'appliquer cette proposition.

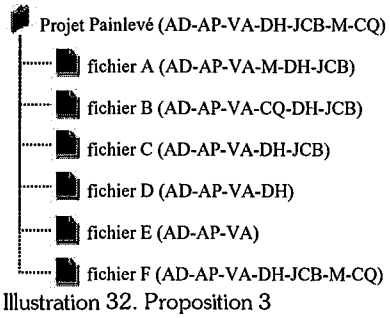


Illustration 32. Proposition 3

III.5.1.5. Remarque sur les versions de fichier

BSCW, à l'instar d'autres collecticiels, propose une fonction de versionnement de fichiers. Ainsi sont cumulés dans une même entité logique plusieurs états successifs d'un même document. Or la gestion des accès sur BSCW ne permet pas de distinguer les différentes versions d'un document ; ou bien un utilisateur accède selon ses droits à toutes les versions, ou bien il n'accède à aucune. La réalité des échanges dans la pratique actuelle contredit cette simplification. En effet, il arrive que certaines versions d'un document, à certains moments de son développement, soient réservées à l'usage d'un groupe restreint, puis que d'autres versions soient rendues

disponibles à un cercle plus large d'intervenants (ex. pour validation)[32]. On retrouve là une nécessité de confidentialité à laquelle n'est pas capable de répondre BSCW de façon satisfaisante.

III.5.1.6. Critique de la centralisation autour de la notion de projet

Les trois propositions évoquées plus haut se heurtent à des difficultés diverses. Il est temps d'élargir encore le problème en considérant le rôle central de la notion de projet dans les collecticiels. Le projet, même s'il est une notion objective et donc partageable entre les acteurs, dissimule en réalité une diversité de perception. Nous avions mentionné cette question en disant que le nombre des acteurs d'un projet est une question ouverte : s'agit-il du « noyau » des acteurs (maître d'ouvrage, maître d'œuvre, entreprises) ou d'un cercle élargi (étendu aux sous-traitants, futurs usagers, personnels de mairie). Chaque acteur est au cœur d'un réseau qui le mets en relation (ou non) avec une partie seulement des acteurs d'un projet.

Considérons l'exemple d'une personne A qui sous-traite des images de synthèse à un cabinet d'architecture B ; il peut être utile que A soit associé à certains projets de B et profite du collecticiel pour échanger des documents avec lui. Cela évite à B de dédoubler le projet et de traiter séparément avec certains acteurs puis avec d'autres le même ensemble de document.

Dans la situation où chaque projet auquel participe B fait l'objet d'un espace logique distinct (Illustration 33), A doit donc s'enregistrer après de chacun de ces projets (projets A, B et C) ; on peut aussi imaginer que A est assisté dans son travail par un collègue G, ce que n'est pas censé savoir B.

Mais des problèmes surgissent :

A n'a de contact qu'avec B ; il n'a aucune raison de rentrer en contact avec d'autres personnes associées aux projets A, B ou C ;

Les autres acteurs (B, C, D, E et F) peuvent ne pas souhaiter que A, qu'ils ne connaissent pas, ait accès directement, c'est-à-dire sans l'entremise de B, aux données contenues dans chaque espace de projet. Les raisons invoquées peuvent être multiples :

Les acteurs préfèrent garder le contrôle dans la distribution des données qu'ils produisent ; il est probable qu'ils auront de la réticence à déposer des données dans un espace de projet s'ils ne connaissent pas tous les membres de cet espace.

Si le service proposé par le collecticiel a un coût (prix de l'abonnement), comment associer un membre dont l'arrivée dans le projet est tardive et dont la participation est très ponctuelle?

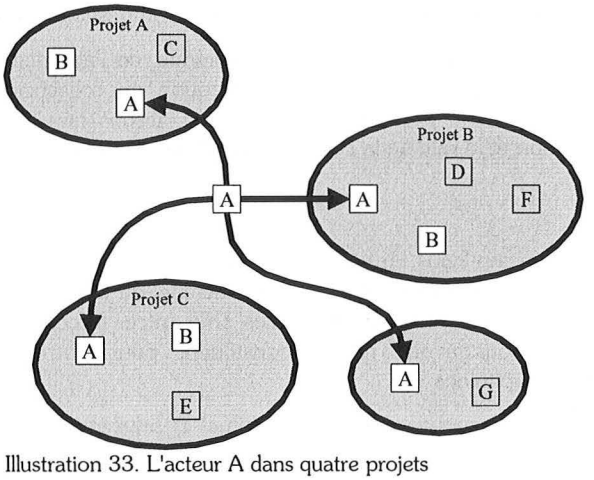


Illustration 33. L'acteur A dans quatre projets

Or, si l'on se place du point de vue de A, que perçoit-on ? A est en contact avec B (dans trois projets) et avec G (sans que B et G ne se connaissent). D'une certaine façon, pour lui, il ne doit exister qu'un espace de projet dans lequel il communique avec B et G.

32 Entretien avec Emmanuel Petit (architecte à Nancy).

Notre exemple d'un sous-traitant en imagerie de synthèse peut sembler ne pas justifier une mise en cause du fonctionnement « par projet » des collecticiels actuels. Mais nous pensons au contraire que cette situation est généralisable ; nombreuses sont les occasions où il serait utile qu'un même document appartienne à plusieurs projets. Les collecticiels fondés sur la notion de projet et qui, par définition, séparent les données entre plusieurs projets sans laisser la possibilité d'une « communication entre projets » n'apportent pas à notre avis une réponse satisfaisante.

III.5.2. Administration et décision

Le processus d'organisation d'un projet architectural assisté par un collecticiel soulève une série de questions essentielles auquel notre expérimentation, du fait de sa nature expérimentale, n'a pu nous confronter. Commençons par identifier quelques étapes clés de la vie électronique du projet :

1. Au début du projet, choisir un collecticiel (un service) de projet partagé (ex. Batibox, Buzzsaw) et y réserver un espace (logique) ;
2. Ensuite, définir les membres du projet et les règles de coopération (comme nous l'avons fait avec le Plan d'Assurance Qualité) ;
3. Pendant le projet, administrer l'espace partagé (ex. ajouter des membres, modifier des droits d'accès, etc.) ;
4. À la fin du projet, clore l'espace partagé.

La question cruciale est de savoir quel acteur conduit ces étapes : qui décide du collecticiel à utiliser et des règles de coopération, qui administre le projet en cours et peut décider de le clore ? Dans le contexte du bâtiment, très différent en cela de l'industrie de service ou de l'industrie manufacturière, l'indépendance des organisations (méthodologique et décisionnelle) alliée à la courte durée de leur relation, empêchent l'instauration autoritaire (par voie hiérarchique ou contractuelle) de protocoles coopératifs sur le long terme (plusieurs projets). La solution ne semble pas évidente lorsque plusieurs acteurs peuvent prétendre assumer ce rôle de décideur et d'administrateur. Le maître d'ouvrage, seul, est en mesure d'imposer ses choix par contrat aux autres acteurs. Mais le peut-il toujours ? Les maîtres d'ouvrage occasionnels n'ont pas la connaissance suffisante pour exiger une quelconque solution. En l'absence de réglementation précisant à qui revient le droit de décider du collecticiel et de son usage, les collecticiels trouvent là un sérieux problème d'adoption.

De ce point de vue, le courrier électronique demeure avantagé par rapport aux collecticiels comme BSCW parce que, reposant sur un protocole de communication standard (SMTP), ils permettent d'échanger de messages et des fichiers, certes de façon rudimentaire, mais ils ne nécessitent pas de mettre d'accord préalablement à tout échange l'émetteur et le récepteur sur les choix du gestionnaire de courrier, etc.

Si le choix initial d'un collecticiel reste un problème que la technique, en l'absence d'un protocole similaire au protocoles internet, ne peut résoudre, les aspects d'administration du collecticiel nous semblent un point particulièrement difficile. En anticipant à peine notre proposition, disons qu'elle devra proposer un moyen d'alléger les tâches d'administration et le rôle de la centralisation de la décision.

III.6. Conclusion

La modestie de notre expérimentation nous empêchent d'être absolument formel quant à des exigences que nous pourrions formuler concernant un collecticiel destiné aux acteurs du bâtiment. Il faudrait répéter ce genre d'expérimentation en faisant varier les données contextuelles pour tracer le contour d'une analyse plus fiable. Néanmoins, les manques que nous avons repéré constituent pour notre travail une piste sérieuse d'approfondissement. Nous les récapitulons :

Les réunions réelles demeurent un moyen d'échange habituel et privilégié des acteurs. L'absence de toute trace, au niveau du collecticiel, des décisions qui y sont prises est un effet de leur nature même. Or nous pensons que cette information mérite parfois — c'est aux acteurs à en juger selon la situation — d'être capturée et conservée. Les réunions de chantier donnent lieu, par exemple, à la rédaction de compte-rendus de chantier qui établissent formellement les tâches restant à conduire (un courrier ou un fax est envoyé à chaque participant). Dans la mesure où il existe dans la pratique actuelle une obligation légale de rédiger et

de distribuer les compte-rendus de réunions de chantier (pour le paiement des entreprises), il serait judicieux que cette procédure soit supportée par le collecticiel.

Nous avons fait état de l'utilité de décomposer l'ensemble de l'information relative à un projet en fonction de chaque acteur ou de chaque groupe d'acteurs pour des raisons de confidentialité (ex. deux acteurs qui souhaitent échanger des fichiers entre eux exclusivement) aussi bien que pour des raisons de pertinence de l'information (tous les fichiers n'intéressent pas tous les acteurs). Les collecticiels actuels, à l'image de BSCW, rende cette tâche lourde et difficile, le risque étant que finalement aucune politique de gestion des droits d'accès aux données ne soit suivie, résultant en une réticence des acteurs à déposer des données (ex. rétention d'information) qui pourraient être lues par n'importe qui et une difficulté à repérer les données pertinentes à chacun. Il nous semble nécessaire d'apporter à ce problème une solution à la mise en œuvre facilement compréhensible et garantissant la confidentialité et la pertinence des données.

Les règles communes d'utilisation du collecticiel, comme celles portant sur la nomenclature et la localisation des fichiers, sont lourdes à respecter et sources de nombreuses erreurs ; il faut imaginer la confusion dans laquelle se trouverait les acteurs ayant à suivre plusieurs projets avec des règles différentes à chaque fois. Pourtant, bon nombre de ces règles pourraient être éliminées dans la mesure où elles pourraient être prises en charge automatiquement par le collecticiel.

Dans un collecticiel, la seule présence de fichiers à l'intérieur d'un espace partagé ne suffit pas d'emblée à donner aux utilisateurs suffisamment d'indications sur ce qu'ils peuvent ou doivent en faire ; de même, lorsqu'un fichier manque ou n'a pas encore été créé, son absence ne peut être remarquée s'il n'existe par un moyen pour les utilisateurs de le faire. La représentation explicite des tâches, en tant qu'expression des intentions des acteurs concernant leurs partenaires, pourrait être un vecteur de stimulation du projet, mais aussi un composant supplémentaire destiné à favoriser la conscience de groupe.

Le projet semble, pour tous les collecticiels (fondés sur un espace partagé) que nous avons vu, l'unité fondamentale de la coopération ; c'est autour du projet que se fédèrent l'équipe d'acteurs ; la durée de leur coopération étant exactement celle du projet. Or, nous avons montré que la perception du projet dépend de chaque acteur. Le réseau relationnel qu'un acteur tisse avec ses partenaires n'est pas forcément dépendant d'un projet donné. De plus, ce réseau est insoupçonnable pour d'autres acteurs, et il doit le rester pour garantir une confidentialité des acteurs.

La notion de fichier issue de la terminologie informatique est impuissante à représenter dans sa complexité la notion de document telle qu'elle est entendue dans le monde du bâtiment. Il existe le même rapport entre ce qu'on appelle données et informations et ce qu'on appelle fichiers et documents. Ce manque de différenciation dans les collecticiels est à l'origine d'une perte « d'intelligence » ; par exemple, les plans et les coupes d'un même ouvrage architectural, s'ils font l'objet de fichiers distincts, devraient être mis en relation pour la simple raison que la modification des uns doit probablement entraîner la modification des autres. C'est en établissant et en maintenant ce type de liens entre les fichiers que se construisent les documents.

Pour terminer, nous donnons deux vues du projet réalisé par les étudiants (Illustration 34 et Illustration 35).

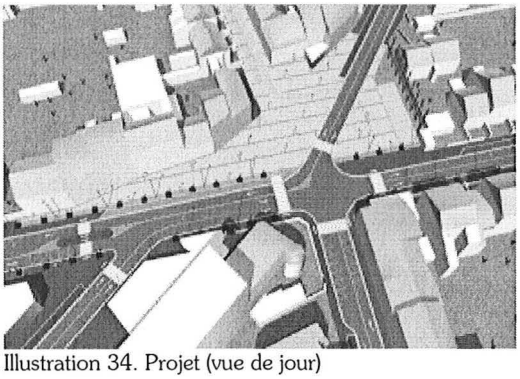


Illustration 34. Projet (vue de jour)

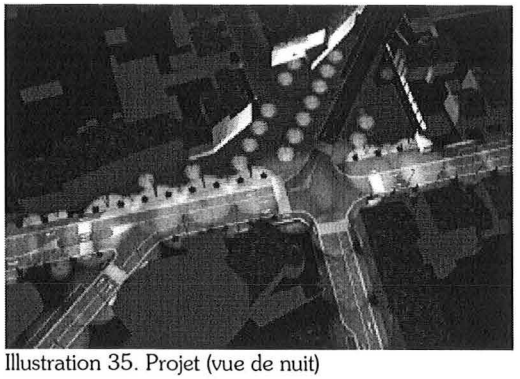


Illustration 35. Projet (vue de nuit)

IV. Modélisation

IV.1. Introduction

L'objectif principal de ce chapitre est de proposer un modèle de collecticiel pour les acteurs du bâtiment. Pour cela, nous poserons d'abord une hypothèse principale sur un modèle coopératif, puis deux hypothèses corollaires sur le collecticiel. Nous présenterons ensuite une description des principaux concepts supportés par le collecticiel et de leurs relations (diagrammes de classes en notation UML) et nous les replacerons dans un modèle décrivant l'interface utilisateur.

Enfin, nous terminerons ce chapitre par une validation théorique du collecticiel proposé en nous appuyant sur une étude de cas réel, le projet d'infrastructure urbaine sur le parcours de la première ligne de tramway à Nancy. Il s'agira de reproduire, tels qu'ils auraient pu être, les échanges in vitro entre les principaux protagonistes de l'opération

IV.2. Hypothèse sur le modèle coopératif

La connaissance du secteur du bâtiment, en particulier de ses acteurs et de son système, et la prise en compte des critiques adressées aux solutions coopératives actuelles nous amènent à formuler une hypothèse fondatrice à notre proposition. La technologie issue des collecticiels de projet utilisant internet nous paraît en adéquation avec l'idée que nous nous faisons de l'entreprise-projet ; l'universalité du réseau internet et le fait qu'il n'appartienne à personne (à aucune organisation) sont en rapport direct avec les qualités de l'entreprise-projet, ouverte et éphémère. En revanche, les modèles coopératifs employés par ces mêmes collecticiels nous semblent plutôt adéquat à l'idée de l'entreprise traditionnelle, avec ses structures organisationnelles et décisionnelles hiérarchiques. C'est dans cette adéquation imparfaite que nous identifions la principale cause d'inefficacité des collecticiels. Notre hypothèse est qu'il faut mettre à niveau le modèle coopératif des collecticiels afin que celui-ci puisse correctement supporter le contexte propre à l'entreprise-projet, caractéristique de l'ingénierie du bâtiment.

Rappelons brièvement les éléments de ce contexte : le nombre élevé des intervenants, la diversité de leur culture, l'hétérogénéité de leur structure ; l'indépendance financière, décisionnelle et méthodologique des organisations ; la recomposition perpétuelle des équipes d'un projet à un autre ; la multiplicité des types d'informations, de leur media ,de leur support et de leur présentation ; la faiblesse du niveau de formation à l'informatique chez les professionnels.

Nous allons maintenant exposer deux sous-hypothèses corollaires de cette première, plus précises quant au fonctionnement même du collecticiel que nous allons proposer.

IV.2.1. Hypothèse I

La première concerne l'identification des mécanismes moteurs et structurants de la coopération dans ce contexte. Plus trivialement posée, la question pourrait se formuler ainsi : comment un acteur connaît-il, à tout moment, la part de ce qu'il lui revient à faire dans l'action collective ? Nous voyons deux réponses possibles à cette question :

> L'acteur sait ce qu'il doit faire parce qu'on le lui a dit. Nous parlons donc de coordination explicite. Étant donné que le travail individuel d'un acteur se compose principalement de phases « solitaires » dans lesquelles l'acteur est isolé de ses partenaires pour produire une part de l'information globale, il y a nécessité pour lui

et pour le groupe auquel il appartient d'anticiper les éventuelles divergences que ce mode de fonctionnement risque d'entraîner. Nous avons déjà mentionné deux mécanismes de coordination explicite et programmée dans notre problématique : ce sont les réunions et les plannings. Nous pouvons ajouter, à la suite de Jeantet (voir état de l'art), un mécanisme de coordination explicite et spontanée, la prescription réciproque qui se traduit concrètement par des demandes (ou requêtes) croisées d'acteur à acteur (ex. demande d'information, de validation, etc.).

L'acteur sait par expérience ce qu'il doit faire. Nous parlons ici de coordination implicite ou auto-coordination. L'expérience de chaque acteur (connaissance de ses partenaires au travers de projets passés, connaissance du métier et des pratiques nationales et locales, compréhension d'un contexte spécifique au projet dans lequel il est imparti) l'aide à repérer et à délimiter son champ d'intervention sans que personne n'ait à lui rappeler ou à lui indiquer expressément. Un architecte, par exemple, pour anticiper une difficulté technique qu'il a déjà rencontré, peut mettre à disposition de l'ingénieur qui doit la résoudre, l'information la plus précise et la plus pertinente. Par définition, la coordination implicite ne peut être que spontanée (et non programmée).

Nous pensons que ces réponses ne sont pas contradictoires, et que le collecticiel que nous projetons doit reproduire cette double réalité [Godart et al., 2001]. Il reste à déterminer l'articulation et la place relative des mécanismes de coordination explicite et de coordination implicite dans le collecticiel. Si l'on considère la pratique actuelle, ces deux mécanismes prennent place à des niveaux différents de gestion du projet : la coordination explicite semble particulièrement vouée à donner des moyens de contrôle formels sur les grandes lignes d'une opération (ex. validations de phases), alors que la coordination implicite prend place face à des situations de problème courantes et fortuites (ex. coup de téléphone pour régler rapidement une difficulté).

La coordination implicite, s'appuyant sur une conception « optimiste » de la relations entre acteurs, et à condition de leur donner toute l'information contextuelle nécessaire pour juger des situations face auxquelles ils sont confrontés, peut être le ressort principal de l'activité collaborative. La coordination explicite, par la mise en œuvre ponctuelle de mécanismes déterminés (réunion, planning, ordre formel) vient la suppléer pour garantir, la bonne marche des opérations lorsque la confiance et la responsabilisation des acteurs ne suffit plus. De façon imagée, la coordination implicite constitue le socle de notre modèle coopératif tandis que la coordination explicite prend appui sur elle. Cette prééminence de la coordination implicite dans notre proposition peut être considérée aussi comme une suite logique du choix que nous avons fait d'un collecticiel support de l'entreprise-projet.

IV.2.2. Hypothèse 2

Notre deuxième hypothèse est également le résultat de cette nouvelle orientation. Si nous devions résumer nos critiques sur les collecticiels de projet partagé pour le secteur du bâtiment, qu'il s'agisse de collecticiels généralistes (ex. BSCW) ou de collecticiels spécialisés (ex. armoires à plans informatisés), nous dirions que leur principal défaut consiste en ce qu'ils requièrent des acteurs justement ce dont ceux-ci ont difficulté à faire preuve, un investissement cognitif important et une cohésion technico-méthodologique sans faille. Ces exigences sont particulièrement frappantes en ce qui concerne 1) l'accord des membres du projet sur des règles d'organisation et de nomenclature des fichiers et 2) la conformation de tous à ces règles dont l'existence n'est justifiée que pour des aspects de fonctionnement propres au collecticiel, sans rapport avec une quelconque nécessité réelle.

Notre hypothèse peut s'énoncer à la manière d'un défi : il est possible et souhaitable de faire en sorte que chaque acteur puisse travailler sur sa machine (presque) comme il en a l'habitude, c'est-à-dire de façon isolée et sans se soucier de règles communes, et néanmoins de lui permettre de partager des données avec des partenaires, tout en lui garantissant un niveau élevé de confidentialité, d'intégrité des données et de conscience de groupe.

D'une part, la majorité des acteurs du bâtiment sont faiblement formés à l'informatique ; il faut limiter les efforts qu'ils doivent accomplir pour coopérer. D'autre part, l'autonomie des acteurs d'un point de vue méthodologique doit se prolonger jusque dans la manière d'utiliser les collecticiels. Voilà deux conditions fondamentales d'acceptation d'un nouvel outil. Toute innovation, aussi ingénieuse et performante qu'elle soit, reste sans lendemain si elle ne sait pas comprendre les intentions profondes qui animent le secteur.

IV.2.2.1. Premier point

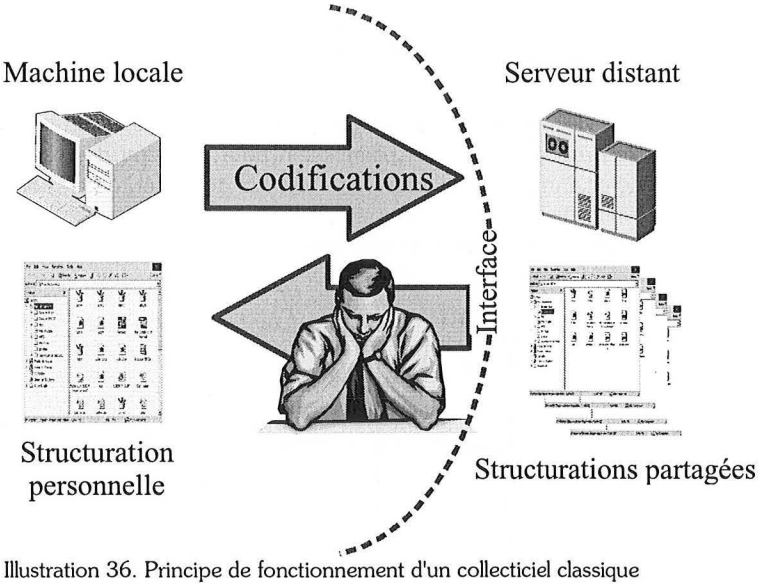


Illustration 36. Principe de fonctionnement d'un collecticiel classique

Sur la figure suivante (Illustration 36), nous montrons le principe d'utilisation des collecticiels actuels. Il ne s'agit pas d'une représentation de l'architecture logicielle de ces systèmes mais d'une représentation des attributions d'un utilisateur donné. Celui-ci a en charge sa machine, son système de répertoires et de fichiers organisé comme il le souhaite (non partagé), et des fichiers qui ont vocation ou non à être partagés. À chaque fois qu'il accède à l'espace partagé localisé sur le serveur, il lui incombe la responsabilité de traduire ou d'interpréter, selon des règles de codification, le nom des fichiers et leur emplacement.

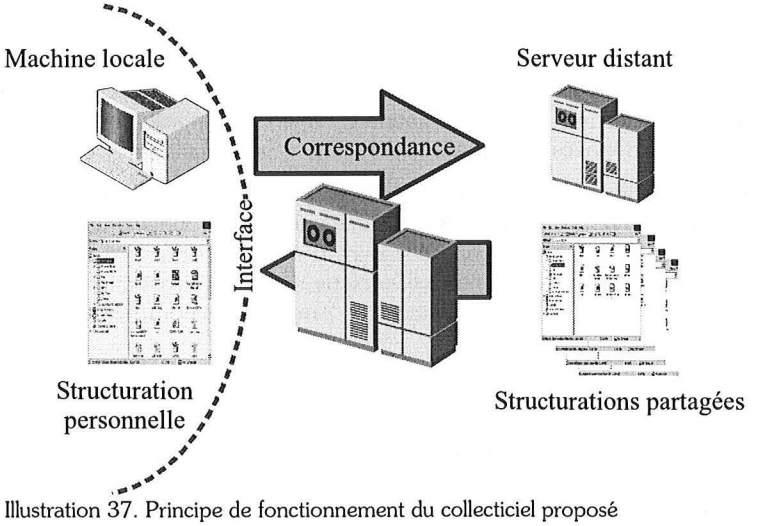


Illustration 37. Principe de fonctionnement du collecticiel proposé

Nous représentons sur la figure suivante (Illustration 37), la solution à laquelle nous aspirons. Une partie du schéma demeure identique ; l'utilisateur a toujours affaire à sa machine, son système de fichiers, etc. mais cette fois, pour partager un fichier, il n'a plus besoin de mettre en œuvre de règles de codification. Le collecticiel se charge d'aboutir au même résultat en faisant correspondre la structure de fichiers de l'utilisateur avec la ou les structures distantes. L'interface de l'utilisateur, qui fait écran entre les structures de données locales et distantes, s'est « rapprochée » de l'utilisateur pour lui ôter une charge de travail.

IV.2.2.2. Second point

Prenant en compte les critiques que nous avons adressées aux collecticiels « par projet » (cf. Expérimentation), c'est-à-dire leur limitation concernant l'appartenance d'un fichier (ou d'une autre structure de données comme un message) à un seul espace logique de partage, nous proposons une alternative qui permet aux fichiers d'appartenir à plusieurs espaces de projet.

Cette alternative découle en partie du premier point évoqué plus haut sur une vision individualisée du projet. Pour être plus précis, dans notre proposition, il n'est plus besoin pour coopérer de créer un espace de projet commun, avec les servitudes que cela impose (ouverture d'un espace de projet, enregistrement des utilisateurs et mise en place de règles de codification), car la notion de projet n'est plus partagée entre collaborateurs. Un acteur peut décrire un projet et y placer les documents qu'il veut sans avoir à en référer à d'autres personnes.

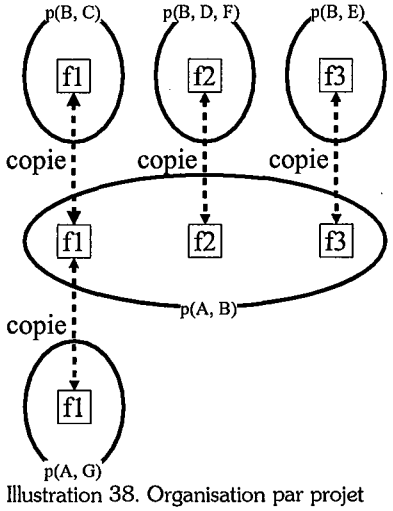


Illustration 38. Organisation par projet

Reprenons notre exemple concret d'une personne A qui sous-traiterait une partie du travail à un architecte B, et se faisant assister d'une troisième personne G dans cette activité (cf. Expérimentation). Imaginons que B partage avec un partenaire A trois fichiers de modèles tridimensionnels que nous nommerons f1, f2 et f3 correspondants à trois projets différents de B ; ajoutons que A a besoin de G pour travailler sur le fichier f1. Cette exemple est une simplification de ce qui pourrait survenir, la réalité montre une bien plus grande intrication (plus d'acteurs et de données partagées).

Comparons à nouveau la solution proposée par les collecticiels « par projet » actuels avec notre proposition. Dans le premier cas, pour assurer la confidentialité des acteurs et des données, un espace de projet est créé pour chaque situation coopérative ; il est donc nécessaire d'en créer cinq et d'assurer « manuellement » la cohérence des différentes copies de fichiers entre elles. Nous montrons (Illustration 38) des espaces partagés sous la forme d'ellipse ; l'expression p(acteur1, acteur2, ...) rappelle le nom des acteurs impliqués dans ces partages.

Dans la figure suivante (Illustration 39) représentant notre proposition, le changement par rapport à la figure précédente est qu'il n'est plus nécessaire de copier les fichiers dans chacun des espaces auxquels ils appartiennent puisque le collecticiel permet à ces fichiers d'appartenir à plusieurs espaces simultanément. La cohérence est préservée, ainsi que la confidentialité des acteurs car G et B ne se connaissent pas (ne savent pas qu'ils ont accès au même fichier). Ce que nous entendons ici par « copier un fichier », c'est l'acte manuel et conscient opéré par un acteur ; nous verrons plus loin que l'architecture du système impose des copies de fichiers qui sont invisibles pour l'utilisateur.

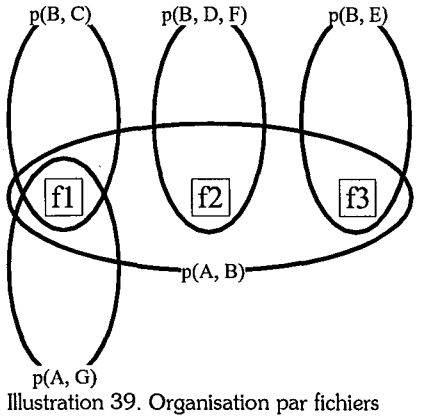


Illustration 39. Organisation par fichiers

Nous voudrions ici ouvrir une courte parenthèse et anticiper un problème susceptible de survenir. Dans le cas où G modifierait le fichier f1 (par remplacement) à l'insu de A, il se pourrait que B voit cette modification d'un acteur qu'il ne connaît pas à l'insu de l'intermédiaire A. Nous verrons avec le dispositif de versionnement de fichiers décrit plus loin comment échapper à ce problème.

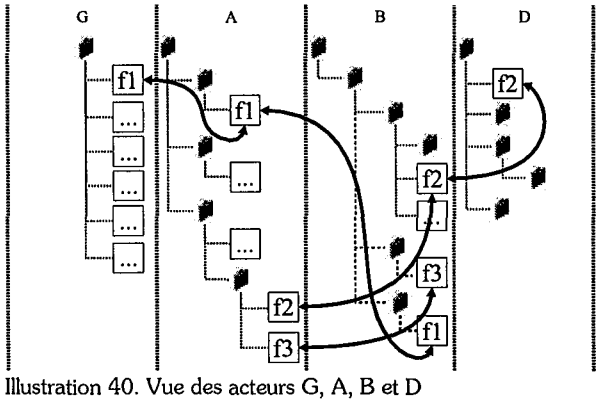


Illustration 40. Vue des acteurs G, A, B et D

Nous terminons par un dernier schéma (Illustration 40) illustrant pour quatre acteurs (G, A, B, D) ce que chacun voit des fichiers partagés à l'intérieur de sa structure de données individuelles. Le choix de prendre une représentation de ces structures de données par un système de répertoires et de fichiers est arbitraire ; il pourrait s'agir (et il s'agira) d'une autre structure. On voit que chaque acteur a organisé différemment ses données locales ; mais G sait qu'il partage f1 avec A, A sait qu'il partage f1 avec G, f2 et f3 avec B, etc. Les flèches reliant les fichiers indiquent un lien de synchronisation.

Nos exemples ont pris, comme objets de partage, des fichiers pour nous permettre de comprendre la différence essentielle entre notre approche et l'approche classique ; en réalité, nous adopterons une représentation plus complexe de la documentation que simplement la représentation par fichiers.

IV.3. Objets et fonctions du collecticiel

IV.3.1. Les documents

Comme nous l'avons vu lors de l'expérimentation, un minimum d'organisation des documents est requis sur les collecticiels de projet partagé pour permettre aux utilisateurs de les retrouver. Même si ce besoin est moins crucial au niveau d'une gestion personnel des documents, il l'est néanmoins même dans ce cas, dès lors que la quantité de fichiers est importante (ex. documents résultant par exemple de nombreux projets). Nous voulons

proposer une alternative au système « classique » de hiérarchie de répertoires en développant deux mécanismes complémentaires d'organisation de la documentation :

La structure des documents. Elle répond à un besoin de maintenir des relations intelligentes entre les documents entre par exemple plusieurs fichiers représentant les états successifs d'un même document, ou plusieurs fichiers de même contenu et de format différents.

L'indexation des documents. Elle permet de rechercher et de regrouper des documents répondant aux mêmes critères (ex. tous les documents photographiques quelque soit le projet, tous les documents de la phase d'esquisse de tel projet).

IV.3.1.1. Structure des documents

La structure de données par répertoires et fichiers est une représentation médiocre de la documentation (ensemble des données relatives à un travail donné), de leur évolution dans le temps et de leurs inter-relations. Nous souhaitons proposer une représentation améliorée des documents par l'introduction de concepts métier complémentaires à celui de fichier :

Document métier. Il représente abstraitement le document sur tout son cycle de vie et ne se réfère à aucun état particulier de ce document à un instant donné. Pour faire valoir les différences entre ce concept et les suivants, nous déclinons tout au long de ces lignes un même exemple ; dans un projet quelconque « le plan de rez-de-chaussée du bâtiment A » est un exemple de document métier.

Version de document. Il représente un état du document à un instant donné ; pour autant, comme le document métier, il reste abstrait. Nous disons par exemple que « le plan de rez-de-chaussée du bâtiment A au 4 octobre » est une version de document.

Fichier. C'est la concrétisation électronique d'une version de document. « Le fichier au format .dwg du plan de rez-de-chaussée du bâtiment A au 4 octobre » est un exemple de fichier.

Document imprimé. C'est la concrétisation physique d'une version de document ; la plupart du temps, il est issu d'une impression du fichier. « Le plan-papier du rez-de-chaussée du bâtiment A au 4 octobre » est un exemple de document imprimé.

À ces quatre concepts, nous ajoutons quatre autres répondant à un besoin de composition :

Document (métier) composé. C'est la composition de plusieurs documents métier. « L'ensemble des plans du bâtiment A » est un exemple de document composé. « L'ensemble des couches (calques graphiques) composant le plan de rez-de-chaussée de bâtiment A » en est un autre.

Configuration. C'est un ensemble des versions de plusieurs documents métier différents correspondant à un état stable et cohérent d'un document métier composé. Étant donné qu'il n'existe aucun moyen automatique de constater cette cohérence des documents, la configuration doit être déclarée manuellement par l'acteur. Par exemple, « L'ensemble des plans du bâtiment A au 4 octobre » est une configuration si un acteur constate la cohérence effective de cet ensemble.

Fichier composé. Il arrive souvent dans la pratique informatique actuelle qu'un fichier puisse contenir plusieurs représentations de documents ; un seul fichier de dessin AutoCad par exemple peut contenir des plans, des coupes et des façades d'un projet ; ils sont a priori dans un même état de définition. « Le fichier au format .dwg des plans du bâtiment A au 4 octobre » est un fichier composé.

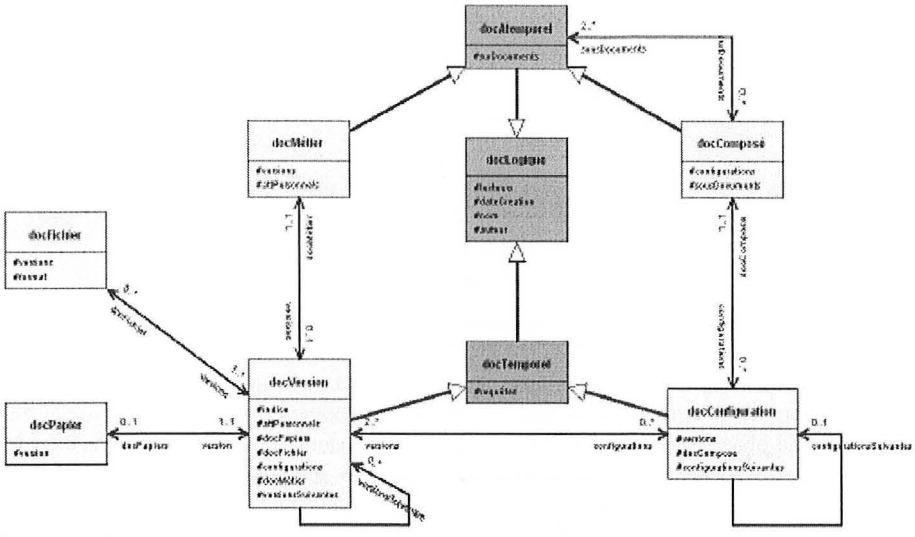


Illustration 41. Structure des documents

Le diagramme UML de la structure des documents (Illustration 41) montrent six classes représentant les documents métier (docMétier), les documents composés (docComposé), les versions (docVersion) et les configurations (docConfiguration), ainsi que les fichiers et documents papier (docFichier et docPapier). Nous avons créé trois autres classes d'objets (en teinte est plus foncée sur le diagramme que les autres classes), absentes de notre description précédente car elles peuvent rester ignorées des utilisateurs, qui nous intéressent parce qu'elles factorisent des attributs (au sens « objet ») communs des quatre classes de base docMétier, docVersion, docComposé, DocCofiguration. Il s'agit tout d'abord de la classe des documents temporels (docTemporel) qui est la classe mère de docVersion et docConfiguration. Nous verrons par la suite que la classe des requêtes sur documents par exemple fait usage de cette classe. La classe des documents logiques (docLogique) est la classe-mère de toutes les classes de documents, sauf de docFichier et docPapier.

IV.3.1.2. Indexation des documents

Nous projetons de donner la possibilité d'indexer les documents (documents métier, versions, fichiers et documents imprimés) à l'aide d'attributs personnels. Cette indexation sera à la charge de l'utilisateur : il définira un ensemble d'attributs (thésaurus) qui lui semble pertinent au regard de son activité et de ses besoins, ensuite il mettra en relation les attributs avec des documents. Il lui sera alors possible de rechercher et de regrouper tous les documents qui répondent à ces attributs (critères de sélection).

Un attribut personnel est composé de deux parties : un champ et une valeur. Par exemple, l'attribut (phase: APS) s'appliquera aux documents produits pendant la phase d'APS (avant-projet sommaire). Un autre exemple d'attribut pourraient être (projet: Place Painlevé). Nous voulons en outre que la valeur de l'attribut puisse elle-même constituer un nouveau champ pour permettre la décomposition des attributs. Ainsi, pour reprendre notre exemple, l'attribut (APS: évaluation intermédiaire) s'appliquera aux documents de la phase d'APS, mais seulement à ceux relatifs à une évaluation intermédiaire. Par croisement de critères, la recherche des documents répondant aux attributs (projet: Place Painlevé) et (APS: évaluation intermédiaire) rendra les documents se conformant à ces deux attributs. Nous montrons un autre exemple simple (Illustration 42) ; les rectangles figurent les attributs, leur décomposition suit la direction donnée par les flèches ; les rectangles arrondies sont les documents qualifiés par les attributs.

Le choix des attributs est de la responsabilité de chaque acteur. Nous pouvons cependant en indiquer quelques usages : le type de maîtrise d'ouvrage (maîtrise d'ouvrage privée ou publique), le type de documents (courrier, documents graphiques, documents de référence), le type de documents graphiques (photographies, croquis, plans ou géométraux), la classification des documents (administratifs, techniques), etc.

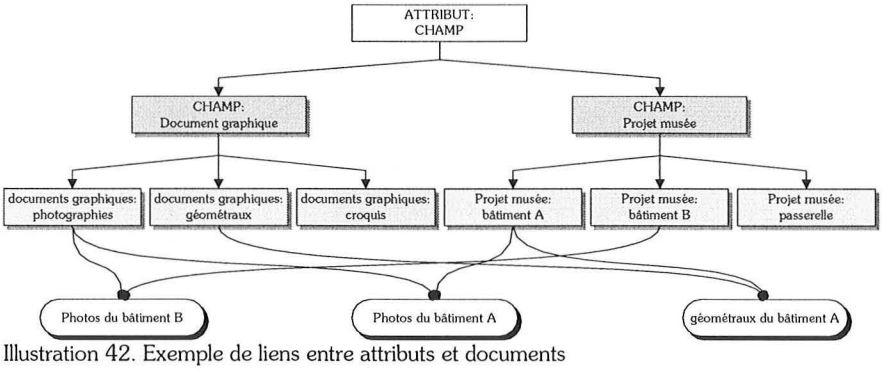


Illustration 42. Exemple de liens entre attributs et documents

Il nous paraît de faire une distinction entre deux niveaux d'indexation. Il y a des situations où un attribut s'applique à une version de document mais pas au document logique auquel il est associé. Si l'on prend l'exemple d'un attribut de phase, on comprend qu'il puisse être appliqué à certaines versions du document mais pas au document logique associé puisque ce dernier fait référence au cycle entier de la vie du document. En revanche, nous considérons que tous les attributs appliqués au niveau du document logique s'applique au niveau inférieur des ses versions. Par souci de simplification, les documents composés et les configurations n'ont pas d'attributs qui leur soient propres.

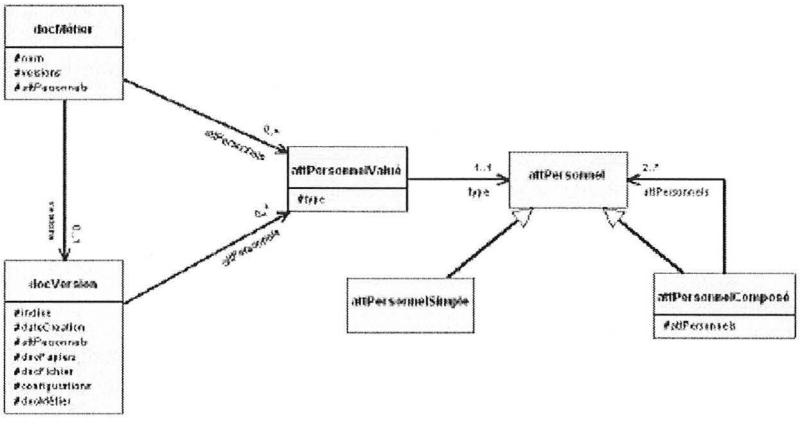


Illustration 43. Attributs personnels

Nous voyons sur le diagramme UML (Illustration 43) que les attributs personnels ne s'appliquent qu'aux versions et aux document métier. On voit également qu'un attribut personnel (attPersonnel) peut être soit simple soit composé, auquel cas il contient plusieurs autres attributs personnels simples ou composés.

IV.3.2. Les acteurs

De la même façon que pour les documents, c'est à chaque utilisateur du collecticiel de définir les personnes avec lesquelles ils souhaitent coopérer et ainsi à constituer ce que nous pourrions appeler un carnet d'adresses. Il ne sera donc pas possible de partager quoi que ce soit avec un acteur sans l'avoir préalablement enregistré.

Nous proposons d'associer à chaque acteur un profil informatique décrivant son niveau d'utilisation du collecticiel. On dégage de la sorte trois grands profils potentiels :

l'acteur dispose du collecticiel ; c'est par ce biais qu'il réalise tous les échanges avec ses partenaires ou collaborateurs.

l'acteur ne dispose pas du collecticiel, mais il peut recevoir du courrier électronique ; l'envoi de messages et de documents peut se faire par courrier électronique via le collecticiel.

l'acteur ne dispose pas du collecticiel, et il ne peut recevoir de courrier électronique ; l'envoi de documents ne peut se faire que par fax ou par courrier traditionnel.

Le profil informatique contient également (pour les deux premiers cas) des informations relatives à la capacité de l'utilisateur à lire des documents dans un format donné. Cette information sera très précieuse au moment de partager des fichiers ; le collecticiel sera alors en mesure de dire qu'un fichier ne pourra être lu par un des collaborateurs car ce dernier ne dispose pas du moyen de lire le format informatique de ce fichier.

Notre collecticiel doit permettre aussi de constituer des groupes de collaborateurs ; cette fonctionnalité doit être vue comme une facilité supplémentaire à désigner un ensemble d'acteurs. Elle sera utile par exemple pour le partage des rapports de réunions de chantier. Le groupe d'acteurs, comme l'acteur, fait l'objet d'une définition par chaque acteur. Notons qu'un acteur donné pourra appartenir à plusieurs groupes (ex. « entreprise A » appartient au groupe « entreprises chantier C1 » et « entreprises chantier C2 » ; un groupe pourra contenir plusieurs sous-groupes.

Il se pose le problème de savoir comment récupérer le profil d'un acteur au moment où celui n'est pas encore dans le carnet d'adresses. Nous envisageons deux réponses possibles :

par invitation directe. Il pourrait s'agir d'un formulaire généré automatiquement (comme sur BSCW), envoyé par courrier électronique, et contenant l'information nécessaire pour déclarer dans le collecticiel le nouvel acteur et son profil informatique.

par proposition. Par le biais d'un collaborateur déjà enregistré dans le carnet d'adresses, un nouvel acteur est proposé. La procédure est plus complexe car nous pensons qu'un acteur, pour figurer dans le carnet d'adresses d'un autre acteur doit se voir présenter ce dernier avant de donner son accord. C'est un problème de confidentialité qu'on trouve déjà traitée dans un logiciel comme ICQ (Mirabilis) mais pour un tout autre type d'applications (chat).

Enfin, il faut envisager l'évolution du profil informatique (ex. un acteur peut acquérir un nouveau logiciel lui permettant de lire de nouveaux formats de fichiers). Dans ce cas, il doit y avoir une répercussion de son profil au niveau de tous ses partenaires.

Sur le diagramme UML (Illustration 44), on voit que la classe des acteurs moraux (acteurMoral) est la classe mère des acteur (acteur) et des groupes (groupe) et qu'un groupe est composé à son tour d'acteurs moraux qui peuvent être soit des acteurs soit des sous-groupes. Les trois profils d'acteurs évoqués sont présents.

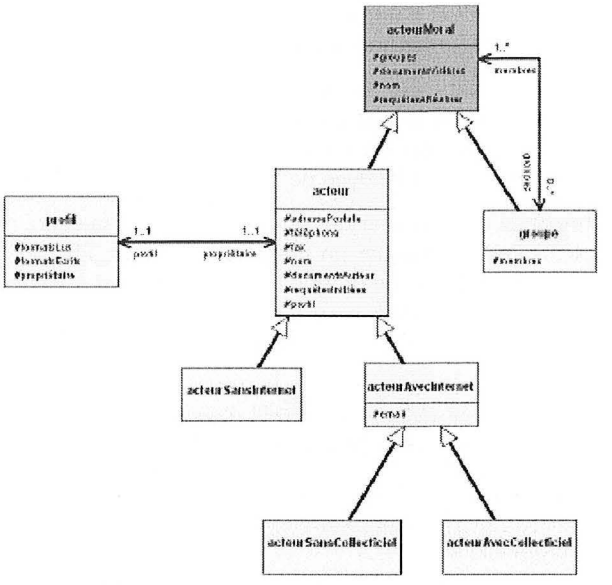


Illustration 44. Acteurs et groupes

IV.3.3. Les messages et commentaires

Un collecticiel ne peut se limiter au partage ou à l'échange de documents. Quelquefois, il est utile de pouvoir adresser à ses collaborateurs un texte pour justifier un choix ou rappeler une directive. Nous prévoyons donc la possibilité de créer des messages et de les partager, comme nous le faisons pour les documents. Sur le fond, nous nous inspirons de ce qui a été développé sur BSCW avec ce que nous appelions les fils de discussion :

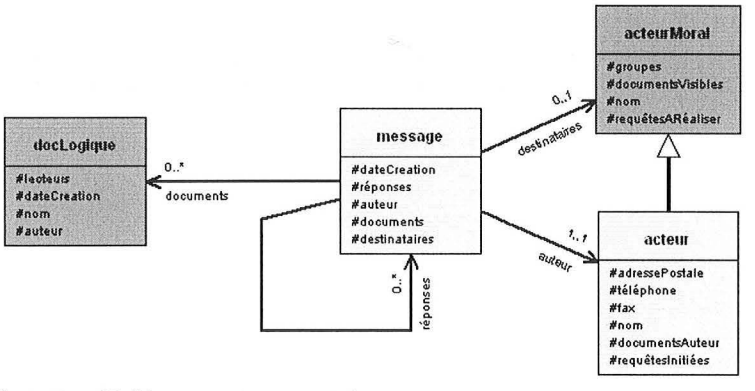


Illustration 45. Messages et commentaires

Un message est un texte, relativement court, qui est soit « libre », soit attaché à un ou plusieurs documents. Dans ce dernier cas, on l'appelle un commentaire. Nous verrons plus loin la manière d'envoyer un message ou un commentaire. Le message libre est l'équivalent du courrier électronique (email) ; nous proposerons d'ailleurs un moyen d'envoyer un message par le protocole standard utilisé pour l'envoi de courriers électroniques (SMTP) à destination des acteurs qui, ayant accès à internet, ne désirent pas utiliser le collecticiel.

Les commentaires peuvent être associés aux différents niveaux de structuration du document : ainsi, un commentaire attaché à un document métier ou un document (métier) composé aura une certaine permanence ; il pourra s'agir de recommandations générales à propos de la constitution du document (ex. le programme d'architecture). Un commentaire sur une version (cas sans doute le plus fréquent et qui fait le plus de sens) ou une configuration sera par exemple une demande de précision émanant d'un ingénieur à

propos d'un plan de l'architecte.

Là où BSCW permet d'associer un fil de discussion à chaque fichier, nous prévoyons de pouvoir associer un message (commentaire) à plusieurs documents, ce qui peut être utile s'il s'agit d'une critique valable pour tous ces documents.

Nous reprenons la structuration hiérarchique des messages telle qu'elle est présente dans BSCW ; nous prévoyons qu'un message pourra être lié à un autre message par une relation du type « répond à », ce qui permettra par exemple de répondre à un commentaire ou un commentaire par un autre commentaire associé à un autre document (ou plusieurs documents). De cette manière, plusieurs messages peuvent être regroupés pour correspondre à un thème de discussion identifié (ex. choix d'un ascenseur).

Les commentaires peuvent être créés par un acteur à la demande d'un de ses partenaires. Nous aborderons ce dernier aspect plus loin avec le concept de requête.

Un message peut n'être associé à aucun document logique, auquel cas il n'est qu'un message (Illustration 45) ; lorsqu'il est associé à un ou plusieurs documents logiques, alors c'est un commentaire. La classe des documents logiques nous permet d'adresser indifféremment un commentaire à un document métier, une version, un document composé ou une configuration.

IV.3.4. Les requêtes

Pour l'instant, nous avons exposé des concepts comme les documents, les messages et les réunions, que l'on peut voir comme des objets d'échange. Nous verrons plus loin, en abordant la visibilité des objets, comment ces objets sont transmis par les acteurs à leurs partenaires. Cependant, le simple fait de porter ces objets à connaissance d'autres acteurs, même s'il s'agit d'une première étape qui participe de la coordination implicite, ne suffit pas à dire ce que l'on en attends des destinataires. Nous proposons donc un mécanisme de coordination explicite sous la forme de requêtes. Toutes les requêtes s'adressent à un acteur ou un groupe d'acteurs ; elles contiennent éventuellement une date limite de réponse à l'approche de laquelle le collecticiel peut envoyer un rappel aux intéressés. Nous identifions huit types de requêtes ; dans la suite l'acteur initiateur de la requête sera nommé A1 et son destinataire A2 :

Requête pour consultation. A1 demande à A2 de prendre connaissance d'une ou plusieurs versions de documents. Cette requête est terminée lorsque A2 a lu la version demandée, tout au moins puisque cette condition ne peut être vérifiée, lorsque A2 a chargé la version sur sa machine locale. Cette requête s'emploie par exemple lors de la transmission des compte-rendus de réunions.

Requête pour information. C'est la même requête que la précédente sauf que l'initiateur est l'acteur qui souhaite consulter une version d'un document. A2 demande à A1 de lui rendre accessible un document (s'il ne l'a pas encore) ou une nouvelle version de document (s'il a déjà eu des versions de ce document). La requête est achevée normalement quand A2 obtient satisfaction de sa demande.

Requête pour avis (ou commentaire). A1 demande à A2 de produire un avis ou un commentaire (textuel) au sujet d'une ou plusieurs versions de documents. La requête se termine lorsque le commentaire attendu est attaché aux versions et renvoyé. Cette requête est employée par exemple par un architecte désireux de connaître la faisabilité technique de son projet et s'adressant à un ingénieur.

Requête pour validation. Lorsqu'une version de document atteint un niveau de définition jugé suffisant par A1, celui-ci peut demander à A2 de le valider, c'est-à-dire de déclarer son accord par rapport aux options prises dans cette version. Cela n'empêche d'ailleurs pas A1 de continuer à faire évoluer les versions, mais il le fait en toute connaissance de cause. La requête s'achève lorsque A2 valide le document, ce qui peut être le cas après plusieurs cycles d'ajournement de validation. Typiquement, la validation est la prérogative du maître d'œuvre, à la fin de chaque phase de conception. Mais elle est parfois celle du mandataire d'un groupement de maîtrise d'ouvrage qui souhaite valider les documents avant de les transmettre au maître d'œuvre ou de tout autre acteur dans une situation similaire.

Requête pour le droit de validation. C'est la même requête que la précédente sauf que son initiateur est l'acteur qui souhaite valider le document. A2 demande à A1 l'accès à une version de documents ; lorsque A1 lui donne, la requête se termine normalement par la validation de A2.

Requête pour modification. A1 demande à A2 de modifier une version de document pour le corriger et/ou y ajouter de l'information. Cette requête résulte dans la création d'une nouvelle version faisant suite à la première ; se pose d'ailleurs une difficulté de concurrence éventuelle entre deux ou plusieurs versions (celle de A2 et celle de A1 si celui-ci continue à produire de nouvelles versions après avoir formulé la requête) sur laquelle nous reviendrons en abordant le modèle.

Requête pour réunion (invitation). C'est la requête associée à la planification de réunions. Les destinataires répondent en indiquant leur présence ou leur absence. Cette requête est terminée lorsque tous les participants ont répondu.

Requête libre. La requête libre se distingue des précédentes par le fait qu'elle n'est associée à aucun document métier, version de documents ou réunion. Il pourra s'agir d'une demande d'information ou une demande de précision concernant un quelconque point d'un projet.

Toute requête se termine par l'accomplissement de ce qui a été demandé ou par l'annulation d'une des parties (initiateur ou destinataire). Lorsqu'une requête s'adresse à un groupe, son initiateur a le choix entre deux solutions : soit il suffit qu'un seul acteur du groupe réponde à la requête pour que celle-ci soit réalisée, soit tous les acteurs de ce groupe doivent répondre individuellement à la requête ; dans le cas par exemple où l'initiateur d'une requête pour validation voudrait obtenir l'assentiment de plusieurs acteurs, il proposera une requête différente pour chacun d'eux. Tant qu'une requête n'est pas terminée, les acteurs concernés sont tenus au courant de son état en cours (ex. envoyée, reçue, en cours de traitement, ajournée).

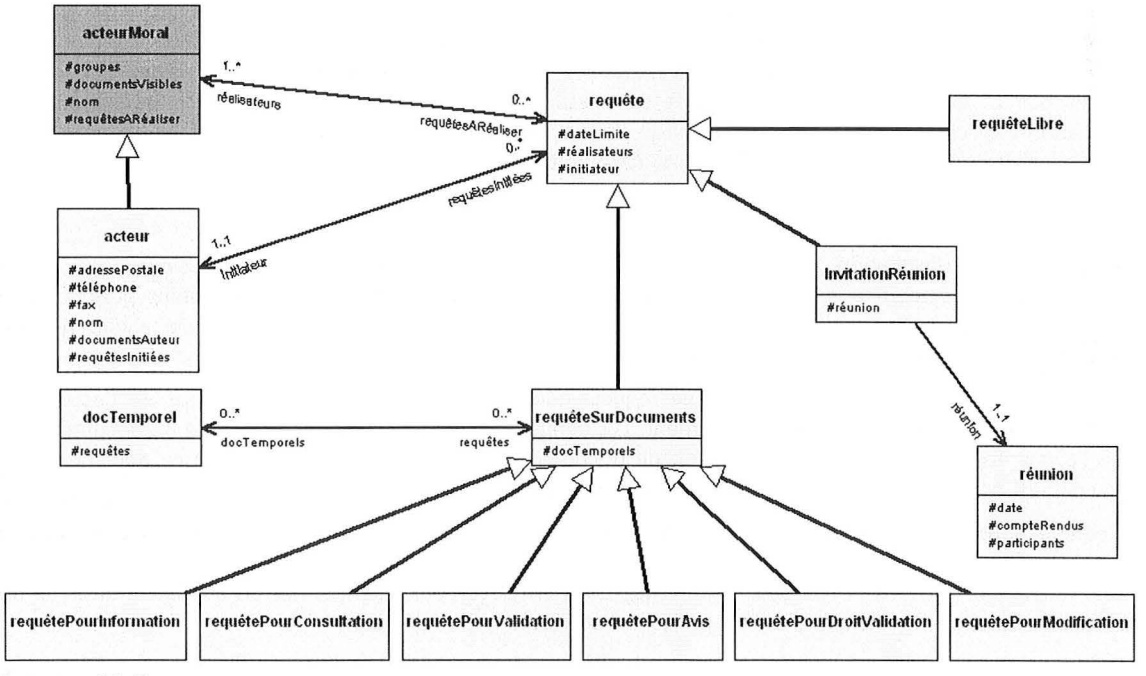


Illustration 46. Requêtes

Le diagramme UML (Illustration 46) montre qu'une requête est toujours issue d'un seul acteur et qu'elle s'adresse à un ou plusieurs acteurs moraux (groupes ou acteurs). La requête peut être de trois types : une requête libre, une invitation à une réunion ou une requête sur documents (temporels, c'est-à-dire versions ou configurations) ; dans ce dernier cas, nous montrons les six sortes de requêtes sur documents.

IV.3.5. Les réunions

Nous proposons un support à la notion de réunion par la création d'un objet[33] spécifique. Cette objet répond à deux nécessités :

La planification, sur proposition d'un acteur organisateur, d'une réunion doit conduire à l'entente de tous les participants sur une date et un lieu de rendez-vous dans le cas d'une réunion réelle, et sur une date et un outil logiciel de communication synchrone dans le cas d'une réunion virtuelle. Les participants pourront déclarer leur présence ou leur absence (dans ce cas, motivée par une excuse).

Le compte-rendu de réunion, après tenue de celle-ci, a pour objet de faire le point sur les décisions prises et les tâches à accomplir par chacun des participants. Le compte-rendu, sous la forme d'une version de document, doit être distribué à tous les participants.

Dès lors, une réunion doit être associée à une liste d'acteurs, les participants, et peut être associée à une liste de versions de documents (ex. compte-rendus, notes de service).

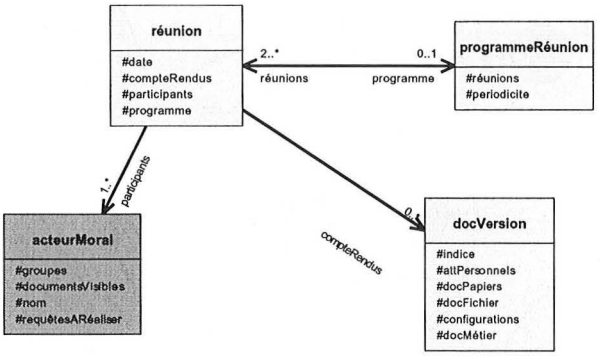


Illustration 47. Réunions et programmes de réunions

Enfin, une réunion peut soit appartenir à un programme de réunions (ex. le plus typique étant bien sûr un programme de réunions de chantier) ou être unique. Dans le premier cas, la notion de périodicité peut s'avérer utile pour planifier automatiquement plusieurs réunions à l'avance. Tous ces concepts et leurs relations sont résumés par le diagramme UML (Illustration 47).

IV.3.6. L'historique des événements

Nous regroupons sous le terme d'historique les fonctions du collecticiel qui permettent de connaître la chronologie des actions effectuées sur les différents objets, ainsi que divers renseignements comme la date, l'acteur, etc. Nous distinguons deux modes de présentation de l'historique, chacun répondant à un besoin particulier :

La notification du changement. Le TCAO asynchrone se traduit par une alternance de phases (relativement longues) de travail « isolé » et de moments (relativement courts) de synchronisation. La synchronisation permet à un acteur de mettre à jour ses données locales par rapport aux données d'un référentiel distant. L'information du changement résume ces variations ; elle synthétise toutes les actions entreprises par les partenaires d'un acteur (sur les objets qu'ils partagent) depuis la dernière synchronisation. Par exemple, un acteur A pourra voir que son partenaire B a répondu favorablement à une requête pour validation, qu'un partenaire C a produit une nouvelle version d'un document, qu'une nouvelle réunion est prévue, etc. Il est souhaitable que la notification du changement soit une fonction accessible rapidement en début d'utilisation du collecticiel.

33 Un « objet » est un terme générique désignant un concept (ou une notion) supporté en tant que telle par le collecticiel. Ainsi, les différents états d'un document (version, configuration, composé, métier, fichier, papier) sont des exemples de ce que nous entendons par objet.

Les traces. Il s'agit de connaître la chronologie des actions effectuées sur n'importe quel objet (ou ensemble d'objets) depuis sa création. L'intérêt que présente les traces sont par exemple de comprendre l'origine de décisions anciennes (ex. « qui avait modifié ce plan ? »). La trace fait apparaître les événements de lecture et d'écriture de fichiers (ex. l'acteur A a lu ce fichier à telle date).

IV.3.7. Contrôle local de la visibilité

Nous avons jusqu'à présent fait état des données et de leur structuration à un niveau local, c'est-à-dire pour un acteur particulier sur sa propre machine, sans développer les aspects de partage et de gestion des droits d'accès aux données. La différence fondamentale de notre approche avec celles de la plupart des collecticiels à l'heure actuelle porte sur la distribution de cette gestion vers chacun des acteurs [Londono et al., 1992]. Au lieu d'être définie globalement pour chaque projet, nous proposons une gestion locale et distribuée où chaque acteur est responsable à son niveau de l'accès des données qu'il détient.

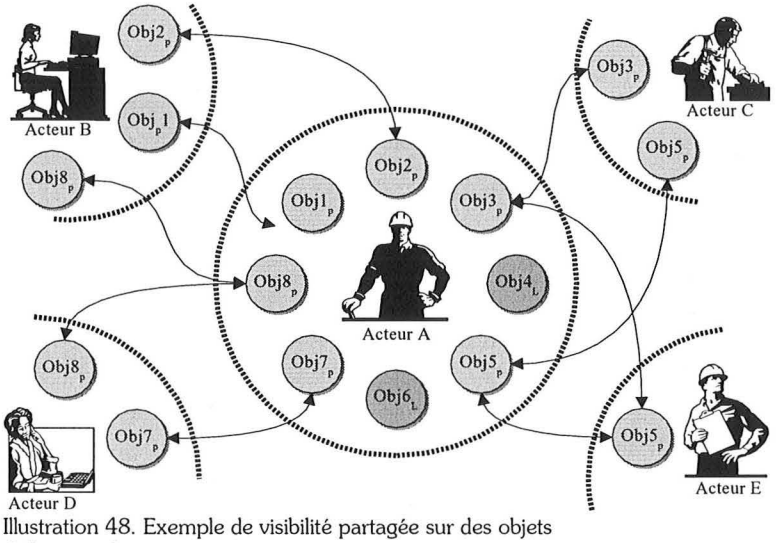


Illustration 48. Exemple de visibilité partagée sur des objets

Commençons par définir quelques termes :

Une « vue » est l'ensemble des objets présentés à un acteur donné ; il est la réunion d'objets locaux et d'objets partagés. Un objet est dit « local » tant que l'acteur ne le partage avec personne ; il peut devenir « partagé » dès lors que l'acteur qui le « voit » décide le rendre visible à un de ses partenaires.

La visibilité d'un objet permet à celui qui en bénéficie de réaliser toutes les actions permises sur cette objet. Ces actions n'ont aucune incidence sur la vue des autres acteurs tant que le résultat ne leur a pas été rendu visible.

Considérons un exemple simple (Illustration 48), avant de rentrer dans la complexité des objets. Un acteur donné A « voit » huit objets ; deux d'entre eux sont locaux ($Obj4_L$ et $Obj6_L$), les autres sont partagés avec les acteurs B, C, D et E. Le schéma montre que les objets partagés sont copiés dans le champ de vision de ces quatre partenaires.

IV.3.7.1. Visibilité des versions de documents

Nous allons traiter ici de la concurrence éventuelle entre versions d'un même document métier et de la résolution que nous y apportons au travers du mécanisme de visibilité. Le premier principe à considérer concerne les versions : qu'une version de document soit partagée (rendue visible ou non à un autre acteur) ou non, elle n'est jamais remplacée (« écrasée ») par une nouvelle version. Cette dernière vient toujours s'ajouter aux précédentes en gardant un lien de postériorité avec celle à laquelle elle succède.

Considérons l'exemple de deux acteurs A et B et d'un document logique. Au début, A crée un document métier

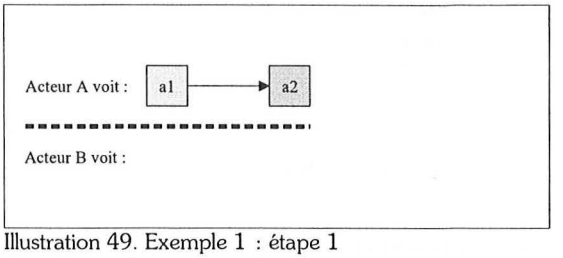


Illustration 49. Exemple 1 : étape 1

à partir d'un fichier ; une version a1 est alors automatiquement créée. Puis il continue à travailler sur son fichier et à partir de ce fichier, il crée une version a2. L'illustration suivante (Illustration 49) montre ce que A et B voit ; en l'occurrence ni a1 ni a2 ne sont visibles pour B donc B ne voit rien.

L'acteur A décide de rendre visible la version a2 pour B. B voit alors apparaître dans son champ de vision (sa vue) un nouveau document métier (Illustration 50), une première version b1 et un fichier relatif à cette version. Du point de vue de leur contenu fichier, a2 et b1 sont identiques (sur l'illustration, nous faisons figurer cette équivalence par une identité de ton de gris) ; leurs attributs sont différents (A et B qualifient comme ils le souhaitent leur propre document métier). B ne voit pas la première version a1 produite par A.

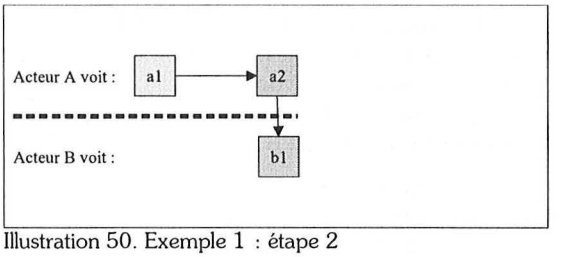


Illustration 50. Exemple 1 : étape 2

À partir de la version b1, décide produit une nouvelle version b2, tandis que A, de son côté, produit lui aussi une nouvelle version de a2 nommée a3 (Illustration 51).

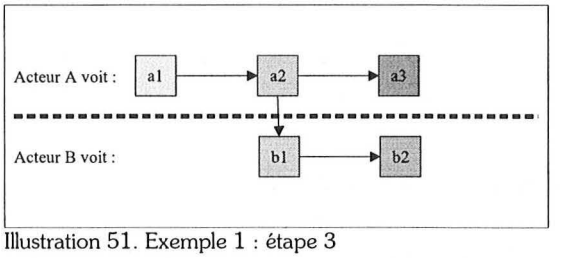


Illustration 51. Exemple 1 : étape 3

B décide de proposer sa version b2 à A. Comme b2 est une évolution de b1 et que b1 correspond à a2 pour A, une version a2' est créée en parallèle à a3. Ainsi, l'acteur A voit deux versions (a3 et a2') concurrentes qui font suite à la version a2 (Illustration 52).

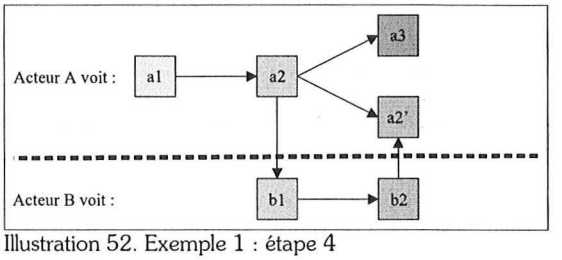


Illustration 52. Exemple 1 : étape 4

L'acteur A a le choix ; après consultation de a2', il peut décider de négliger cette version et continuer à produire de nouvelles versions à partir de a3 uniquement. Il peut également décider le contraire et continuer

d'après la version a2'. Enfin, et c'est la solution que nous présentons, il peut « combiner » les deux versions en une nouvelle version a4. Lorsque a4 est créée, il décide de la rendre visible à son partenaire B.

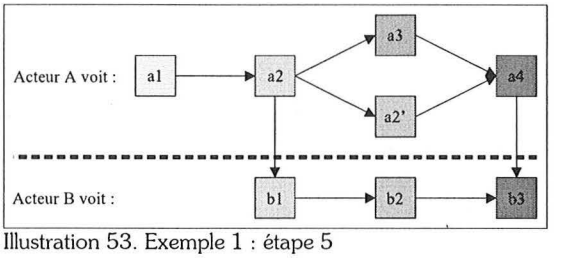


Illustration 53. Exemple 1 : étape 5

L'acteur B voit alors apparaître une nouvelle version b3, équivalente de a4 (Illustration 53). Au total, l'acteur A a vu cinq versions du document, l'acteur B en a vu seulement trois. De plus, certaine versions de A sont restées ignorées par B, et inversement. La vue de chacun, en ce qui concerne ce que nous appelons le graphe des versions, est complètement différente.

IV.3.7.2. Visibilité des documents métier

Il est possible pour un acteur A, dans la situation d'une coopération étroite et confiante, de rendre visible, non pas certaines versions de document, mais le document métier lui-même à un acteur B. Cela implique que, à chaque fois qu'une nouvelle version apparaît dans la vue de A, elle est automatiquement rendue visible à B. L'inverse n'est pas vrai ; les versions produites que pourrait produire B ne sont pas rendues visibles ipso facto à A. Il se passe que la vue de A est incluse dans la vue de B.

Considérons un nouvel exemple de trois acteurs A, B et C. Considérons que A rend visible un document métier à B ; parallèlement, il rend visible à C la dernière version a3. L'acteur C voit donc apparaître un nouveau document métier et une première version c1 (Illustration 54).

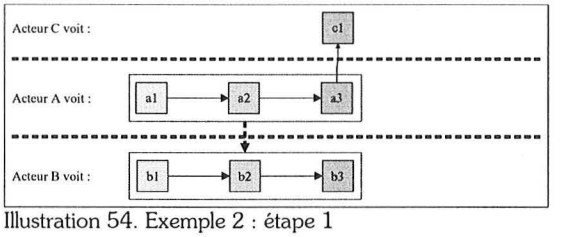


Illustration 54. Exemple 2 : étape 1

L'acteur C produit une version c2 et la rend visible à nouveau à A. L'acteur B voit donc apparaître également cette version (Illustration 55). Notons que si C n'appartient pas au carnet d'adresses de B, alors B ne pourra pas connaître l'auteur de cette version (ex. l'auteur peut alors apparaître comme anonyme).

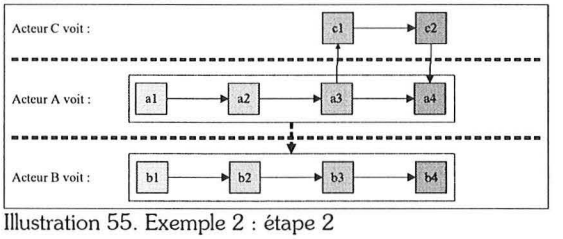


Illustration 55. Exemple 2 : étape 2

En revanche, l'acteur B produit une version b5 ; cette dernière n'est alors pas rendue visible à A. Le graphe des versions est différent pour les trois acteurs (Illustration 56).

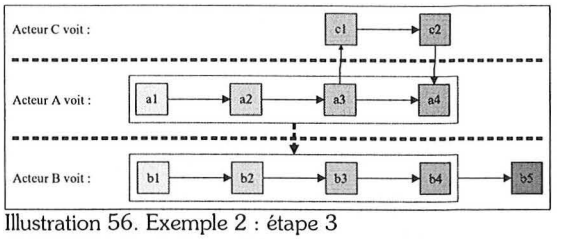


Illustration 56. Exemple 2 : étape 3

IV.3.7.3. Visibilité des configurations

Ces lignes vont permettre de rappeler ce que sont les configurations. Une configuration est un ensemble de versions de plusieurs documents dont la particularité est qu'il correspond à un état cohérent de ces versions entre elles. Lorsqu'un dossier de permis de construire est envoyé à la mairie pour être évalué, les documents qui le constituent correspondent à un état final et stable de définition ; il s'agit d'une configuration.

Dans l'exemple suivant, un acteur A détient un document composé de deux documents logiques a' et a''. L'illustration suivante montre un état avancé du travail sur les versions (Illustration 57). Les versions entourés par un trait pointillé constituent une configuration ; il y en a deux dans notre illustration qui sont rendues visibles par A à B. Les configurations doivent être déclarées manuellement (par A) ; elles ne sont pas le résultat d'une fonction automatisable.

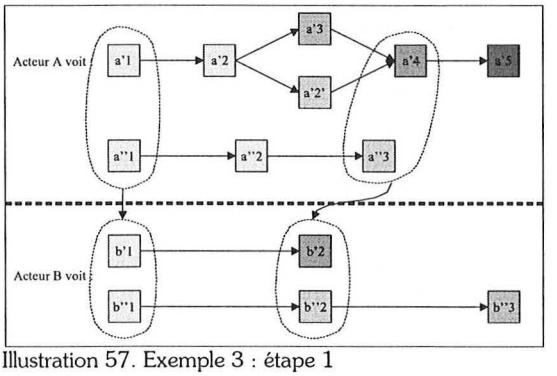


Illustration 57. Exemple 3 : étape 1

Ensuite, l'acteur B, par exemple en réponse à une requête de A pour modification, produit une version b''3 à partir de b'2 tandis que A produit une version a'5 à partir de a'4. B décide de rendre visible b''3 à son partenaire A qui apparaît alors comme une version a''4. Celui-ci considère alors les deux dernières versions forment une nouvelle configuration qui est alors rendue visible à B (Illustration 58).

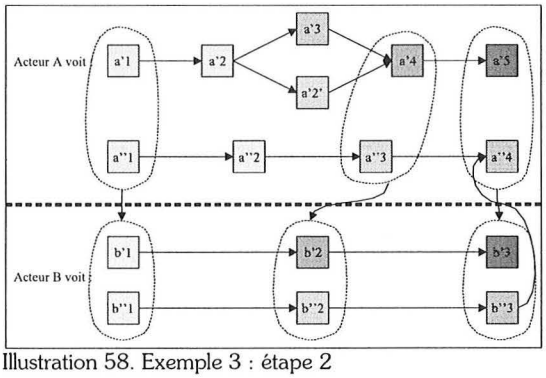


Illustration 58. Exemple 3 : étape 2

IV.3.7.4. Deux mécanismes pour la conscience de groupe

Travailler sur un jeu de documents identiques présente le risque pour deux ou plusieurs acteurs qui sont localisés à des endroits différents de produire beaucoup de versions concurrentes qu'il sera difficile de recombiner. Pour cette raison, nous prévoyons deux mécanismes, l'un automatique et l'autre manuel, pour éviter les divergences non souhaitées :

Le premier consiste à associer un attribut aux versions de documents déclarant s'il existe, chez les acteurs qui partagent cette version, des versions ultérieures. Ainsi, si un acteur A ayant une vue sur une version partagée avec un acteur B, et que ce dernier produit une nouvelle version sans la montrer à A, alors A peut avoir porté à sa connaissance l'existence de cette nouvelle version, sans en voir le contenu. Il peut alors, par une requête pour information, réclamer à B de la lui fournir. Il pourra éviter de cette manière un travail inutile. Ce mécanisme est automatique ; aucune intervention de l'utilisateur n'est nécessaire.

Le second est un mécanisme manuel, invoqué par l'utilisateur. Il permet à un acteur d'indiquer à ses partenaires son intention quant à un document particulier ; ainsi, avant même d'avoir produit une nouvelle version de ce document, ceux qui partagent la vue de la dernière version peuvent savoir qu'une modification est en cours et s'abstenir eux-mêmes d'en produire une.

Ces mécanismes viennent enrichir la conscience de groupe parce qu'ils donnent aux acteurs une information sur les transformations effectuées ou en cours. Notons qu'ils ne les empêchent absolument pas de produire une nouvelle version qui risquent d'être concurrente de celle de leur partenaire, mais s'ils le font, c'est un toute connaissance de cause.

IV.3.8. Diagramme UML de synthèse

Le diagramme suivant (Illustration 59) synthétise tous les diagrammes de classes que nous avons déjà présentés. Pour améliorer la lecture, nous avons entouré de pointillés trois groupes de classes, celles concernant les acteurs et les groupes, celles concernant les requêtes, et celles concernant les attributs personnels.

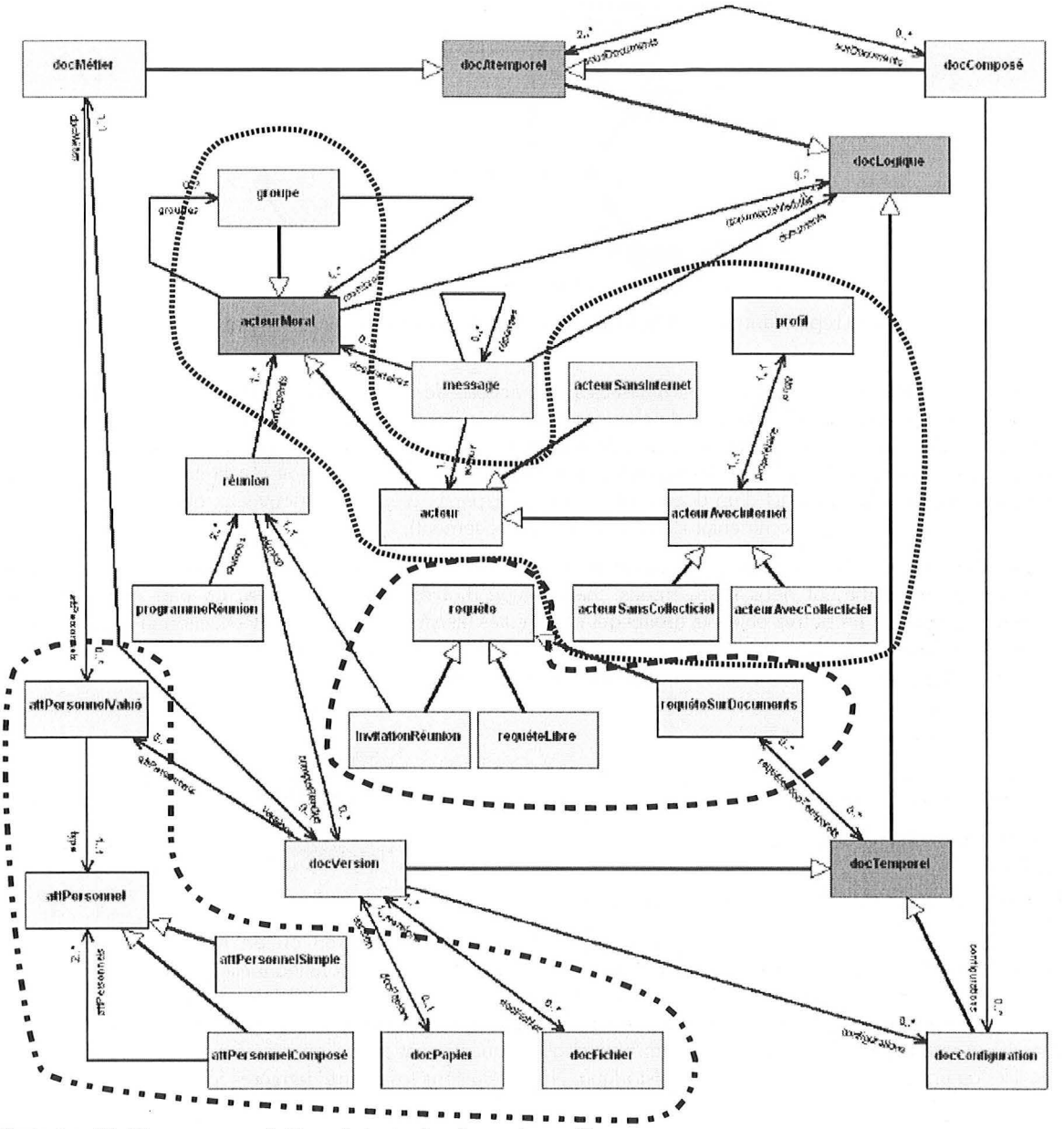


Illustration 59. Diagramme synthétique de toutes les classes du modèle

IV.4. Modèle de l'interface utilisateur

Pour comprendre plus en détail notre proposition, nous allons présenter l'interface utilisateur du collecticiel. Ce qui nous intéresse maintenant est de savoir comment s'utilise le collecticiel : ce que, à chaque instant, l'utilisateur peut connaître et ce qu'il peut faire. Nous restons pour le moment du côté de la représentation de données et non du côté de la présentation ; il ne s'agit donc pas de fixer ici une interface graphique (pour une interface graphique, voir [Sobolewski, 1992]).

Le principe général de notre interface est schématisé par l'illustration suivante (Illustration 60). Deux actions de base, la recherche et la création, sont proposés aux utilisateurs au démarrage du collecticiel (application cliente) ; ces deux actions sont d'ailleurs disponibles ensuite à n'importe quel moment de l'utilisation. Ensuite, comme résultat de ces actions, un objet ou plusieurs objets sont sélectionnés (soit l'objet nouvellement créé, soit

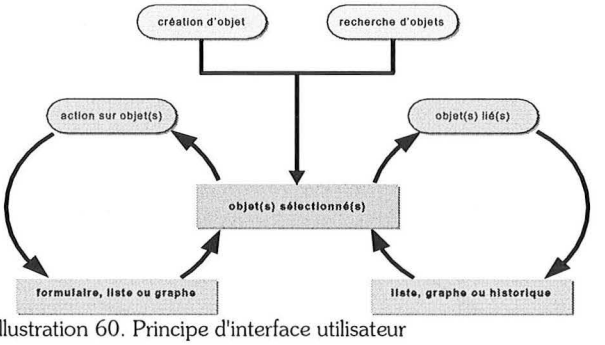


Illustration 60. Principe d'interface utilisateur

un ou plusieurs objets répondant aux critères de recherche). Cet objet ou cette ensemble d'objets constitue la sélection.

À partir de là, deux types d'actions sont réalisables : les actions de navigation et les actions de transformation. Les premières permettent à l'utilisateur de changer la sélection en utilisant les relations « proches en proches » des objets sélectionnés (ex. aller d'une version de document à un commentaire de cette version, puis à l'auteur de ce commentaire, etc.) tandis que les secondes transforment la base d'objets soit par la création de nouvelles relations (ex. gérer les attributs d'un document métier), soit par la création de nouveaux objets liés aux objets sélectionnés (ex. ajouter un commentaire à une version de document).

Nous allons détailler les uns après les autres tous les objets susceptibles d'être sélectionnés. L'illustration suivante montre comment nous représentons chaque type d'objets (au centre) avec de part et d'autre, les actions (à gauche) et les autres objets (à droite) qui lui sont liés (Illustration 61). L'objet sélectionné apparaît avec ses attributs système (ex. le nom d'un document métier, la taille d'un fichier, etc.) et, dans le cas des documents logiques et des versions de document, avec ses attributs personnels.

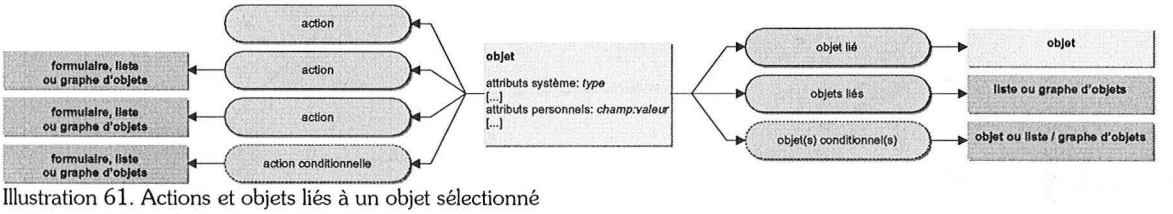


Illustration 61. Actions et objets liés à un objet sélectionné

Les boîtes arrondies figurent une commande de l'utilisateur (ex. un bouton ou un menu) ; le contour de certaines d'entre elles est pointillé pour indiquer que la commande est conditionnelle, c'est-à-dire que son exécution n'est possible qu'à certaines conditions (ex. si une version n'appartient à aucune configuration, la commande « configurations » ne doit pas apparaître à l'utilisateur). Les commandes appellent alors, selon le but cherché, à une des « formes » suivantes : un nouvel objet (qui devient alors l'objet sélectionné), un formulaire, une liste ou un graphe de sélection ou un historique. Nous détaillons les quatre dernières formes :

Un formulaire permet à l'utilisateur de fournir des informations sur des objets (ex. le nom d'un document métier) qu'il crée ou qu'il modifie.

Une liste de sélection présente un ensemble d'objets de même type présentés les uns après les autres (sans relation entre eux) parmi laquelle l'utilisateur doit choisir un ou plusieurs objets qui vont alors remplacer la sélection (ex. une liste de requêtes). Nous proposons que cette liste présente également les attributs système qualifiant les objets (ex. dans une interface graphique, il en résulterait un tableau et des possibilités de trier la liste par attribut). Dans le cas où la liste ne devrait contenir qu'un seul objet, c'est alors celui-ci qui est automatiquement renvoyé comme nouvel objet sélectionné.

Un graphe de sélection présente un ensemble d'objets de même type, mais à la différence de la liste de sélection, les objets entretiennent des relations entre eux qui y sont montrées (ex. graphe des versions d'un document logiques ou graphes des acteurs et des groupes).

Un historique est une liste de sélection particulière qui présente des actions ordonnées chronologiquement.

Nous donnerons en temps voulu des exemples de ces formes.

IV.4.1. Les versions

Nous débutons notre revue des objets avec la version (de document métier) qui est l'objet central de notre collecticiel. C'est celui qui comporte le plus d'objets et d'actions liés (Illustration 62).

Les attributs de l'objet version sont des attributs système : l'auteur (information implicite à la création de la version), l'indice de version qui situe la version sélectionné dans la suite des versions d'un même document métier et une date de création. L'attribut « version suivante » indique si au moins une version ultérieure a été produite par l'utilisateur ou un de ses partenaires. Viennent ensuite les attributs personnels définis par l'utilisateur selon ses besoins ; un aperçu de la gestion des attributs personnels est donnée plus loin.

Venons-en aux explications des commandes en commençant par les commandes d'objets liés puis en terminant par les commandes d'actions liées (nous adopterons cet ordre pour tous les objets).

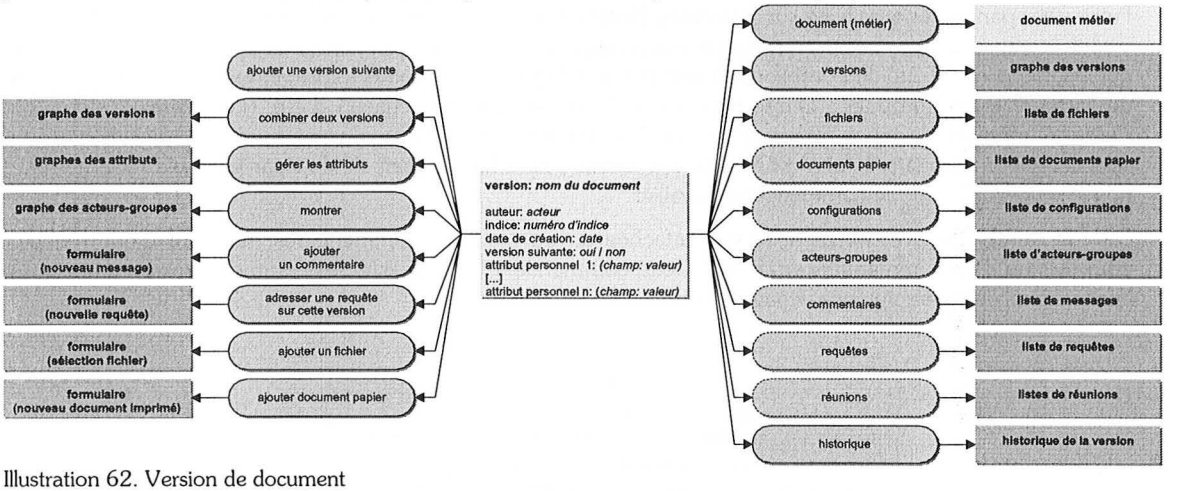


Illustration 62. Version de document

IV.4.1.1. Commandes d'objets liés

document (métier) : chaque version est issue d'un et d'un seul document métier. Le document métier permet de définir dans un seul concept un document indépendamment de son évolution temporelle. Cette commande appelle le document métier associé à la version sélectionné.

versions : un document métier contient au moins une version. Cette commande appelle le graphe des versions qui est la représentation de toutes les versions su document métier et de tous les liens temporaux (version précédente vers version suivante) entre ces versions. Nous donnons à titre d'exemple une représentation possible de ce graphe (Illustration 63).

Nous verrons en abordant les cas d'utilisation comment s'obtiennent et s'interprètent ces graphes .

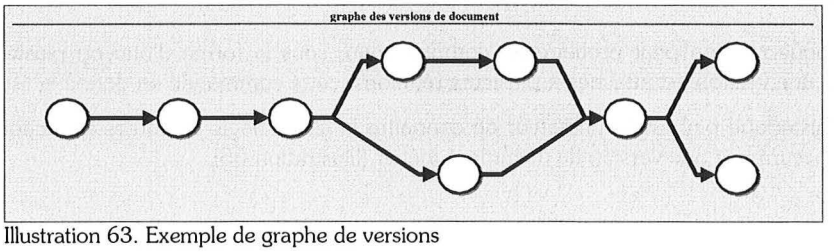


Illustration 63. Exemple de graphe de versions

fichiers : une version contient zéro ou plusieurs fichiers. Cette commande en affiche une liste (s'il en existe)

dans laquelle l'utilisateur peut sélectionner celles qui l'intéressent. Cette liste peut être présentée sous la forme d'un tableau et comporter en tête des colonnes les informations relatives aux fichiers (nom du fichier, format informatique, auteur, date de création, etc.).

documents papier : cette commande est similaire à la précédente, hormis le fait qu'elle appelle une liste de documents papier. Les documents papier (une version contient zéro ou plusieurs documents papier) sont une représentation virtuelle d'un document réelle ; cet objet, même s'il n'est pas partagé par le biais du collecticiel, permet aux acteurs qui le déclare de garder une trace des envois postaux ou des fax.

configurations : rappelons brièvement la définition de configuration. Une configuration est un ensemble de versions provenant de plusieurs documents différents (ces documents logiques doivent être réunis au sein d'un document composé) et se trouvant dans un état de stabilité et de cohérence interne, constaté manuellement par un acteur. Cette commande permet d'appeler une liste des configurations auxquelles appartient cette version ; en principe, une version sera liée à zéro ou une configuration ; mais il pourra arriver qu'elle appartienne à plusieurs configurations.

liste d'acteurs-groupes : cette commande renvoie une liste d'acteurs et de groupes d'acteurs avec lesquels l'utilisateur partage une visibilité sur la version. Notons que « voir » une version signifie « voir » les fichiers qui y sont éventuellement associés, qu'ils aient été produits par l'utilisateur lui-même ou par un des acteurs avec qui il partage la visibilité de la version. La liste doit faire apparaître d'autres informations, en plus de l'identité des acteurs et des groupes . D'une part, l'état de la version chez chacun d'eux (« dernière version » ou « version modifiée ») donne à savoir si un des acteurs a produit une version ultérieure à la version sélectionnée (même si celle-ci n'est pas encore visible) ; ainsi l'acteur sait s'il doit par exemple réclamer une nouvelle version avant de commencer à travailler.

commentaires : une version peut se voir attachée un ou plusieurs commentaires, résultant d'une requête pour avis ou d'un commentaire spontané. Cette commande appelle la liste des commentaires avec quelques informations du type « auteur », « date », « titre », etc.

liste de requêtes

les requêtes que j'adresse à mes partenaires

acteur	type	version / config.	date limite
Damien Hanser	pour consultation	plan piscine	15/01/2001
Christine Chevrier	pour validation	PC mairie	20/01/2001
groupe conception	pour avis	croquis d'intention	22/01/2001

les requêtes que mes partenaires m'adressent

acteur	type	version / config.	date limite
Salim Belblidia	pour consultation	croquis piscine	11/01/2001
Damien Hanser	pour modification	rdc mairie	16/01/2001
Daniel Léonard	droit de consultation	plan piscine	20/01/2001

Illustration 64. Exemple d'une liste de requêtes

requêtes : une version est liée à zéro ou plusieurs requêtes. Cette commande en renvoie la liste. Nous proposons que les listes de requêtes fassent la distinction entre les requêtes que l'utilisateur adresse à ses partenaires et les requêtes que ses partenaires lui adressent. Un exemple de liste de requête est donné (Illustration 64).

réunions : chaque réunion peut produire un compte-rendu, sous la forme d'une ou plusieurs versions de documents. Si une version est attachée à plusieurs réunions, cette commande en donne la liste.

historique : l'historique permet à l'utilisateur de connaître la chronologie de toutes les actions effectués sur un objet, en l'occurrence une version de document métier (Illustration 65).

historique d'une version

date	action	acteur-groupe
15/01/2001	création	Damien Hanser
16/01/2001	ajout de fichier	Salim Belblidia
20/01/2001	ajout à une configuration	Salim Belblidia
22/01/2001	ajout de commentaire	Daniel Léonard
06/02/2001	rendu visible à	Gilles Halin
08/02/2001	requête pour avis à	Gilles Halin

Illustration 65. Exemple d'historique d'une version de document

IV.4.1.2. Commandes d'actions liées

ajouter une version suivante : toute version, sauf la première d'un document métier, est issue d'au moins une version qui la précède. Cette commande permet de créer une nouvelle version dont la version précédente est la version sélectionnée. Elle ne requiert pas d'information de la part de l'utilisateur et n'appelle donc aucun formulaire de création de version. L'attribut d'état d'une version passe alors automatiquement de « dernière version » à « version modifiée ».

combiner deux versions : il arrive qu'à partir d'une seule version, deux ou plusieurs versions soient générées ; par exemple, si un acteur souhaite étudier plusieurs alternatives à un plan ou si un de ses partenaires lui en proposent une. Dans le cas où l'utilisateur déciderait de réunir ces alternatives en un nouvelle version (ex. parce que chacune des alternatives présentent des idées qui ont été reprises dans la version résultante), il emploiera cette commande pour déclarer le lien métier entre ces versions. Bien sûr, l'opération de fusion éventuelle des fichiers reste à la charge de l'utilisateur parce que, sauf cas très exceptionnel, elle ne peut être automatisée.

gérer les attributs (personnels) : cette commande permet d'affecter (ou de retirer) des attributs personnels aux versions (et aux documents logiques). Ces attributs permettent aux utilisateurs dans les fonctions de recherche de documents de retrouver les versions et documents logiques qui répondent à ces attributs (critères). Ce mode d'indexation est présenté comme une alternative au rangement par dossiers dont nous avons évoqué à plusieurs reprises les limites. Un attribut se présente comme une association d'un champ et d'une valeur, la valeur pouvant être également un sous-champ. L'illustration suivante montre un exemple de graphe des attributs (Illustration 66). Ainsi, une version peut avoir pour attribut (phase de projet : esquisse) et (géométraux : façades). Rappelons qu'une version hérite de tous les attributs du document métier dont elle est issue. Dans notre exemple, l'attribut (géométraux : façades) serait l'attribut du document métier tandis que l'attribut (phase de projet : esquisse) appartiendrait en propre à cette version (les différentes versions du document pourraient alors faire évoluer l'attribut de phase). Par défaut, une nouvelle version reprend les attributs de la version à laquelle elle succède.

montrer : cette commande permet de sélectionner des acteurs et des groupes d'acteurs auxquels l'utilisateur donne le droit de visibilité sur la version sélectionné. Elle appelle donc un graphe des acteurs et des groupes dont nous montrons une présentation possible (Illustration 67). L'utilisateur en sélectionnant un groupe ou un acteur dans une des deux fenêtres qui lui sont montrées (on imagine qu'il existe un moyen direct de passer de l'une à l'autre) lui assigne la visibilité de la version. On peut imaginer que, par défaut, le graphe présélectionne les acteurs et groupes qui avaient la visibilité sur la version précédente. Par ailleurs, la visibilité sur une version donne l'accès aux fichiers qui y sont attachés ; le collecticiel est en mesure de signaler à l'utilisateur qui s'apprête à lancer cette commande si un des acteurs ne dispose pas du moyen de lire ces fichiers en comparant leur format électronique avec le profil des utilisateurs.

graphe des attributs

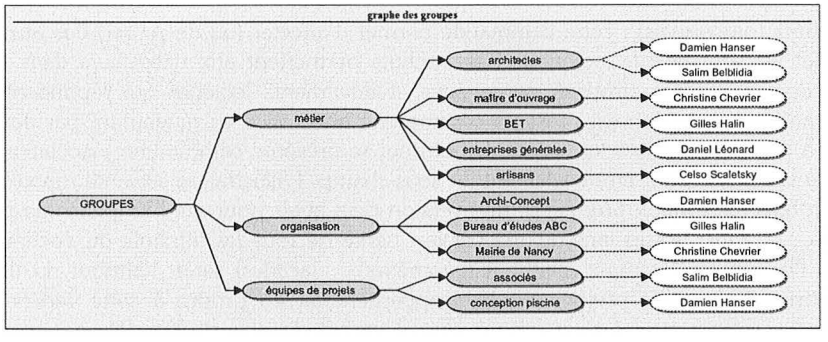
ATTRIBUT: « maîtrise d'ouvrage »
- « maîtrise d'ouvrage »: « publique »
- « maîtrise d'ouvrage »: « privée »

ATTRIBUT: « phase de projet »
- « phase de projet »: « Esquisse »
- « phase de projet »: « APS »
- « phase de projet »: « APD »
- etc.

ATTRIBUT: « type de document »
- « type de document »: « administratif »
  - « administratif »: « courrier »
  - « administratif »: « contrat »
- « type de document »: « technique »
  - « technique »: « photos »
  - « technique »: « géométraux »
    - « géométraux »: « plans »
    - « géométraux »: « coupes »
    - « géométraux »: « façades »
  - etc.

Illustration 66. Exemple de graphe des attributs

ajouter un commentaire : cette commande permet d'ajouter un commentaire à la version sélectionnée ; elle appelle un formulaire que l'utilisateur doit remplir (titre du commentaire, contenu texte, destinataires). Pour qu'un commentaire soit visible pour un partenaire, il faut que le document auquel il est attaché lui soit visible et que le partenaire soit explicitement déclaré comme destinataire de ce commentaire. Ainsi, dans la situation où trois acteurs A, B et C auraient la visibilité d'une même version de document, si A fait un commentaire sur la version et le rend visible à B, l'acteur C ne le voit pas ; pour le voir, il faut par exemple que B ou A donne cette visibilité à C.



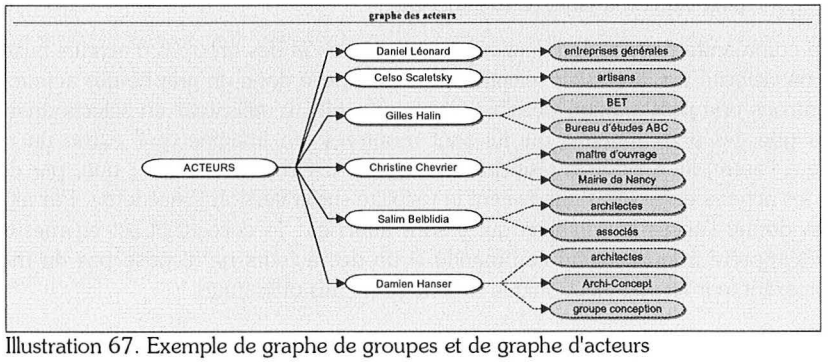


Illustration 67. Exemple de graphe de groupes et de graphe d'acteurs

adresser une requête sur cette version : cette commande renvoie un formulaire demandant à l'utilisateur de décider quelle type de requête il souhaite adresser et à quel acteur ou quel groupe (appel du graphe des acteurs et des groupes). Ce formulaire demande également une date limite et une explication textuelle (compléments d'information) qui seront transmises avec la requête.

ajouter un fichier, ajouter un document papier : ces deux commandes sont très semblables ; elles permettent de lier un ou plusieurs fichiers ou documents papier à une même version.

IV.4.2. Les documents métier

Le document métier (Illustration 68) est un niveau d'abstraction supplémentaire à la version. Il porte le nom (attribut obligatoire) que lui donne l'utilisateur. Les versions héritent de ce nom. Par ailleurs, si plusieurs utilisateurs voient le même document métier (ou certaines de ses versions), chacun peut lui donner le nom qu'il souhaite (par défaut, le nom donné au document métier rendu visible est celui de l'émetteur). Nous allons examiner les commandes d'objets et les commandes d'actions liées au document métier ; pour ne pas nous répéter ou non étendre sur des points évidents, nous ne commenterons que les commandes qui méritent explication.

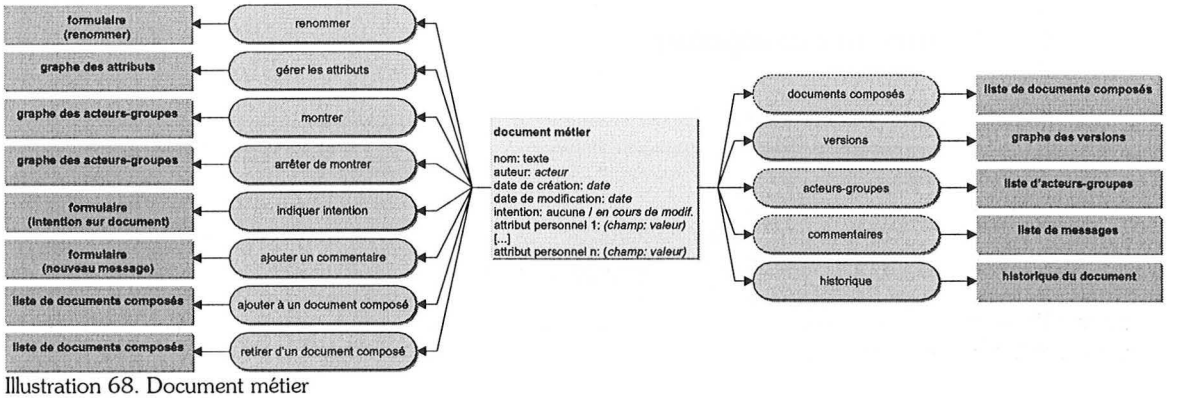


Illustration 68. Document métier

IV.4.2.1. Commandes d'objets liés

documents composés : un document métier appartient à zéro ou plusieurs documents composés. Le document métier permet de rendre compte de deux situations : la première est la situation dans laquelle plusieurs documents réunis acquièrent une signification globale (ex. le permis de construire est une réunion de plusieurs documents). La seconde est la situation dans laquelle un document graphique constitué de plusieurs couches ou calques, chacun faisant l'objet d'un document métier, sont réunis en une seule entité qui est alors le document composé. Les documents composés peuvent appartenir à d'autres documents composés de niveau supérieur ; ce serait par exemple le cas avec un document composé représentant le dossier de permis de construire dont les éléments seraient aussi des documents composés représentant les plans avec différentes couches graphiques.

acteurs-groupes : cette commande renvoie la liste des acteurs et des groupes qui ont une visibilité sur le document métier sélectionné, c'est-à-dire sur tous les commentaires qui lui sont attachés ainsi que sur toutes les versions (et commentaires sur ces versions) qu'il comprend.

commentaires : les commentaires sur documents logiques sont visibles par tous les acteurs ou les groupes qui ont au moins une visibilité sur une des versions de ce document. Cette commande affiche la liste de tous les commentaires du document métier, mais également la liste des commentaires de toutes les versions visibles à l'utilisateur.

historique : cette commande renvoie une liste rappelant l'historique du document métier, mais également des versions, fichiers et documents papier qui le constituent.

IV.4.2.2. Commandes d'actions liées

renommer : les versions de document n'ont pas de nom propre ; elles prennent le nom du document métier auquel elles appartiennent (en revanche, elles sont repérées par un système d'indices). C'est pourquoi cette commande se situe à son niveau.

montrer : donner la visibilité sur un document métier signifie donner automatiquement la visibilité des

versions qu'il contient sans avoir à la déclarer manuellement à chaque version.

interrompre visibilité : la visibilité des documents logiques, contrairement à celles des versions, est réversible c'est pourquoi on ne trouve pas de commande équivalente au niveau des versions.

indiquer intention : nous avons vu, avec les versions, que l'utilisateur pouvait connaître l'état d'évolution d'une version chez chacun de ses partenaires (dernière version ou version modifiée). Ce mécanisme est automatique ; il ne requiert pas l'intervention des utilisateurs. En revanche, cette commande permet à l'utilisateur de déclarer son intention concernant un document, et par exemple de dire qu'il a l'intention de le modifier (c'est-à-dire d'y ajouter une version). Ainsi, les acteurs avec qui ils partagent la visibilité du document sont informés de ce qu'une nouvelle version doit prochainement voir le jour ; ils peuvent alors savoir s'il est opportun d'attendre cette version ou d'en produire une autre éventuellement concurrente. Les deux mécanismes que nous venons de décrire doivent favoriser la conscience de groupe.

IV.4.3. Les documents composés

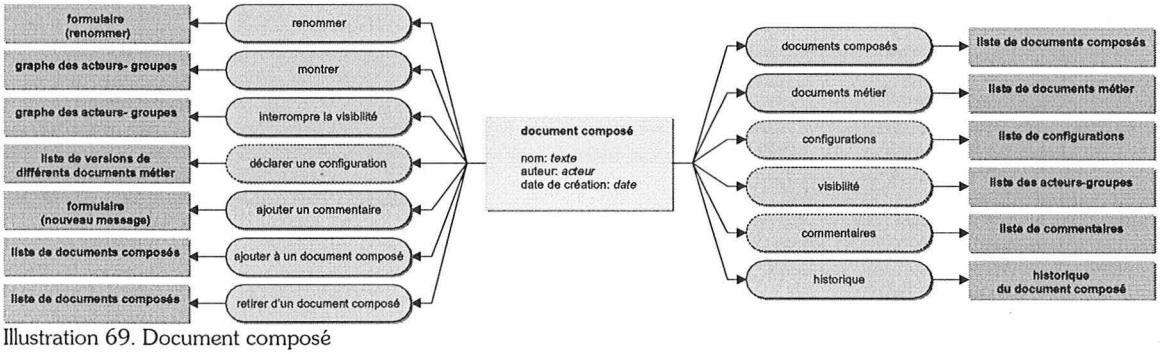


Illustration 69. Document composé

Un document composé (Illustration 69) se comporte, à peu de choses près, un document métier sauf qu'il se situe à un niveau supérieur de composition. Une commande sur un document composé équivaut à lancer plusieurs commandes sur ces constituants (autres documents composés de niveau inférieur, documents métier et versions).

IV.4.4. Les configurations

Une configuration (Illustration 70) est déclarée manuellement à partir d'un document composé (de premier niveau). La suite des configurations est linéaire (il n'y a pas comme pour les versions une représentation par graphe).

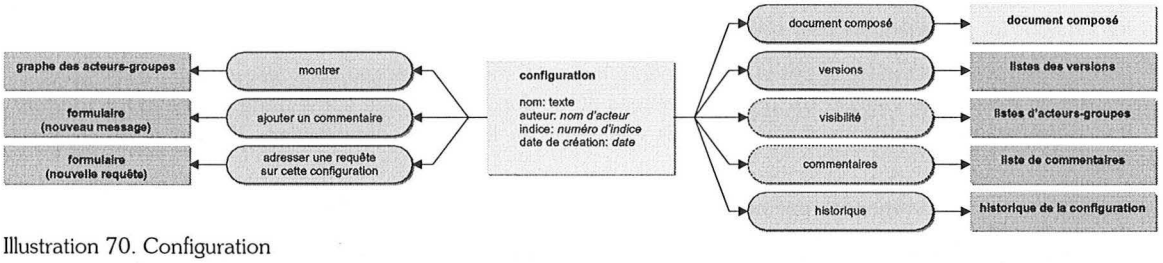


Illustration 70. Configuration

Nous ne faisons qu'une remarque sur la commande « montrer ». Cette commande ne fait pas seulement que donner la visibilité à un partenaire sur les versions de documents contenues dans la configuration ; elle recrée la configuration chez ce partenaire. C'est ainsi que des requêtes et des commentaires pourront lui être attachés ensuite et rendus visibles comme tels.

IV.4.5. Les fichiers et les documents papier

La visibilité sur une version donne l'accès aux fichiers (Illustration 71) qu'elle contient. La possibilité de déclarer plusieurs fichiers est justifiée par le fait que tous les acteurs n'ont pas les mêmes moyens informatiques pour lire certains formats de fichiers ; il est donc utile de pouvoir placer plusieurs fichiers de contenu identique mais exploitant plusieurs formats. Par exemple, un dessin au format .dwg (natif AutoCad), un autre au format .dxf. (format standard), un autre enfin au format .pdf (Adobe Acrobat) s'adresseront à un public différent : les deux premiers faciliteront la modification à l'usage des concepteurs tandis que le dernier facilitera la lecture (presque) universelle (sans possibilité de modification) à l'usage de non-professionnels du bâtiment.

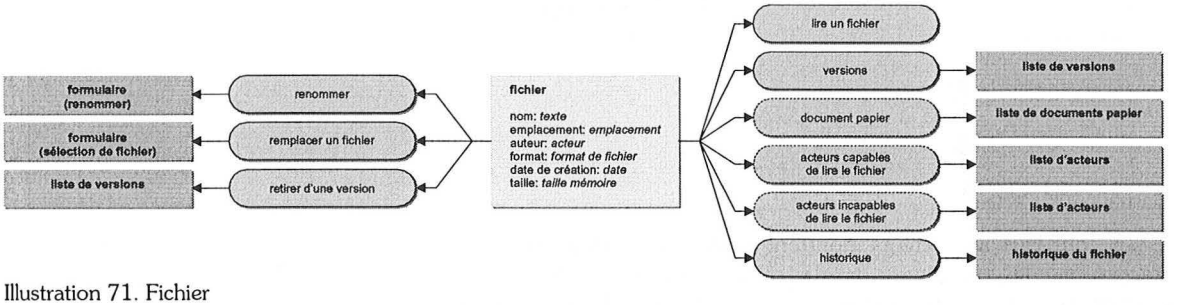


Illustration 71. Fichier

Certains fichiers graphiques contiennent plusieurs couches ou calques qui appartenir à des acteurs différents. Il peut être alors utile de représenter chacune des couches comme un document métier particulier (ex. document-couche de l'architecte, des ingénieurs) et de faire en sorte que les différentes versions de ces documents « pointent » vers un seul et même fichier. Dans ce cas, nous parlons de fichiers composés. Les configurations nous serviront alors à représenter des états cohérents de versions pointant vers le fichier qui les représente.

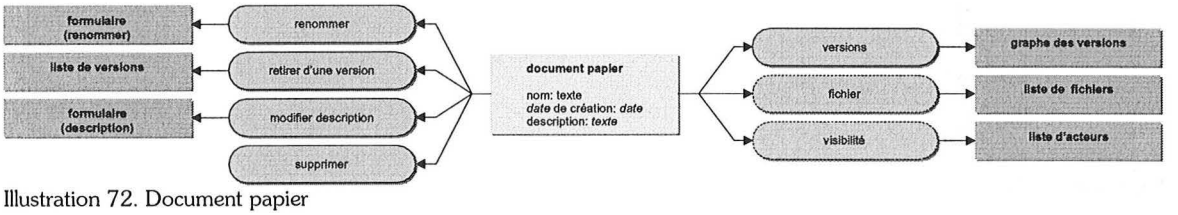


Illustration 72. Document papier

Le document papier (Illustration 72) est un objet particulier de notre modèle car il n'est pas réellement partagé. Lorsqu'un utilisateur déclare rendre visible un document papier à un autre utilisateur, c'est pour une gestion interne de ses envois postaux ou fax. Cet objet garde donc la mémoire de ce qui, traditionnellement dans les collecticiels, n'apparaît jamais.

IV.4.6. Les auteurs et les groupes

Un acteur (Illustration 73) dans notre collecticiel, est une personne physique avec laquelle on coopère ou avec laquelle on a l'intention de coopérer. Nous avons décliné trois profils d'acteurs selon l'utilisation qu'ils font des échanges informatiques. Le premier profil est celui d'un acteur qui utilisent le collecticiel ; toutes les fonctionnalités sont alors possibles entre deux acteurs ayant ce profil. Le deuxième profil est celui d'un acteur qui n'utilise que le courrier électronique ; les documents rendus visibles, les messages et commentaires, les requêtes ainsi que les annonces de réunions et les comptes-rendus sont alors « véhiculables » par courrier électronique (en revanche le retour d'information ne peut pas être automatisé). Le troisième profil correspond à l'acteur qui ne dispose d'aucun moyen d'échange informatique par internet ; sa représentation dans le collecticiel est destiné à des fins de gestion interne d'envois de courrier ou de fax (voir document papier). Il est d'ailleurs toujours possible qu'un acteur ayant ce troisième profil échange par exemple par disquettes, ce qui conforte notre idée de le représenter.

Les commandes d'objets liés « documents », « messages », « requêtes », « réunions » permettent à l'utilisateur de

connaître les objets dont ils partagent la visibilité avec l'acteur (on retrouve les mêmes commandes avec les groupes). La commande d'objets liés « groupes) quant à elle appelle une liste de groupe auquel fait partie l'acteur sélectionné.

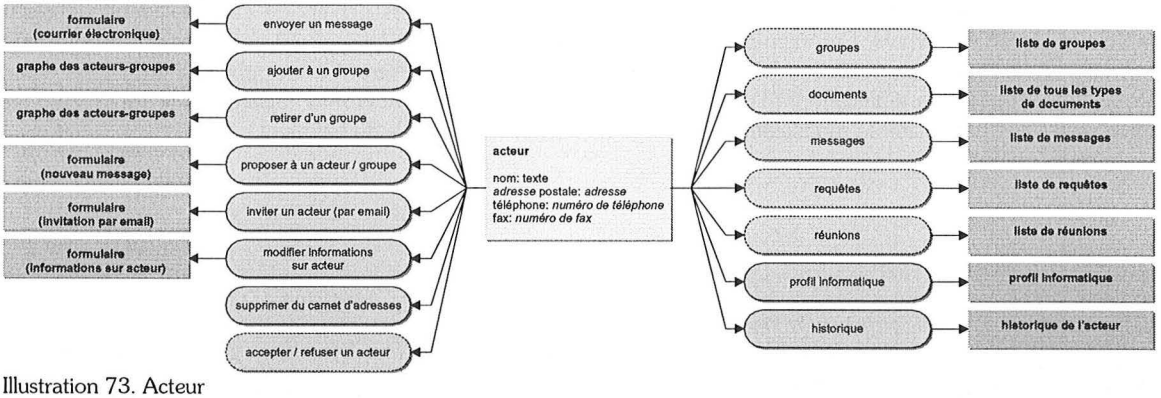


Illustration 73. Acteur

Les actions liées aux acteurs montrent les deux procédures d'invitation dont nous avons parlé précédemment. Rappelons que pour figurer dans le carnet d'adresses d'un acteur, un autre acteur doit donner son accord et c'est ce que nous avons représenter avec les commandes « accepter ou refuser une invitation ».

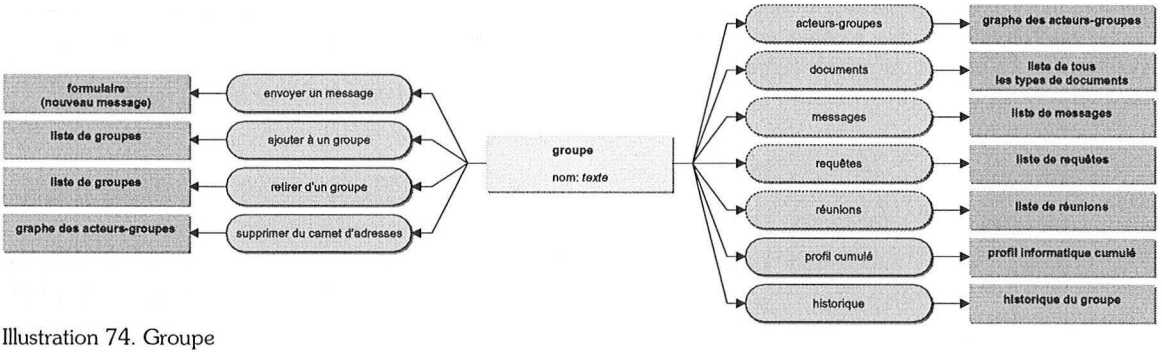


Illustration 74. Groupe

Un groupe (Illustration 74) est une composition d'acteurs et éventuellement de groupes (sous-groupes). Les actions effectués sur un groupe (ex. rendre visible une version, envoyer un message, etc.) sont équivalentes à plusieurs actions effectuées individuellement sur chacun des acteurs qui le constitue. La seule exception concerne les requêtes ; lorsqu'une requête est adressée à un groupe, il est demandé à l'initiateur de la requête de préciser s'il suffit qu'un des acteurs répondent pour satisfaire la requête (ex. requête pour modification auprès d'un bureau d'études techniques) ou si tous les acteurs doivent répondre (ex. requête pour validation auprès des différents représentants de la maîtrise d'ouvrage).

Le profil informatique (Illustration 75) mémorise toute l'information utile pour connaître le niveau d'utilisation du collecticiel des partenaires d'un acteur et pour faire connaître le sien (formats électroniques lus et écrits). Dans le cas où ce profil évoluerait, il doit se mettre à jour chez les partenaires.

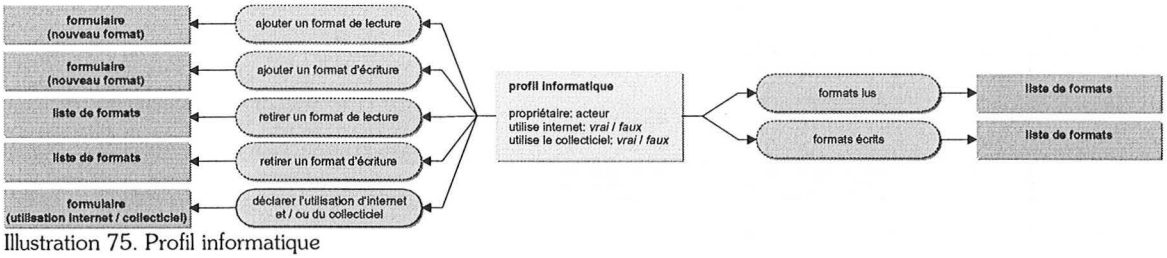


Illustration 75. Profil informatique

IV.4.7. Les messages et commentaires

Nous avons reproduit avec l'objet message (Illustration 76) ce que l'on connaît déjà avec le courrier électronique (on peut d'ailleurs imaginer que notre collecticiel soit capable de lire le courrier électronique traditionnel). Un commentaire est un message joint à un document (document métier ou composé, une version ou une configuration). Les commandes d'objets liés permettent de remonter aux document liés, aux acteurs qui partagent la visibilité du message et à la liste hiérarchisée (commande « discussion ») des messages dans le cas où par des réponses successives à un message s'échafaude un dialogue entre les acteurs.

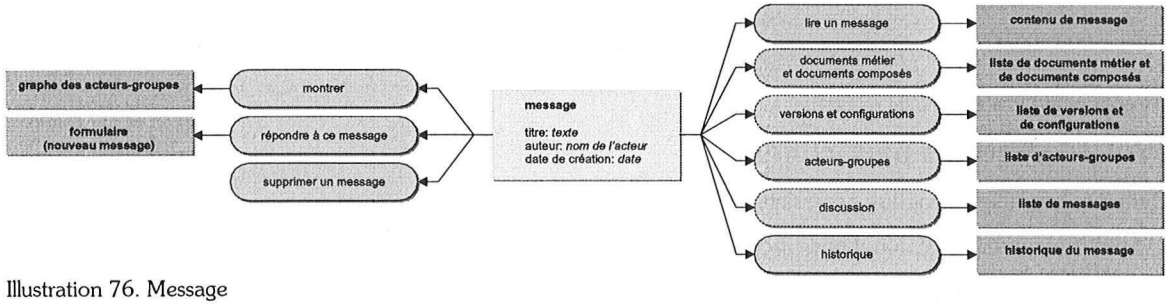


Illustration 76. Message

La commande « montrer » permet, selon le profil du destinataire, d'envoyer le message par courrier électronique pour les acteurs qui n'utilisent pas le collecticiel ou, « normalement », par le collecticiel (le message est alors reconnu comme objet du collecticiel). Notons enfin que pour qu'un commentaire soit visible, il faut que le document auquel il est joint soit visible.

IV.4.8. Les requêtes

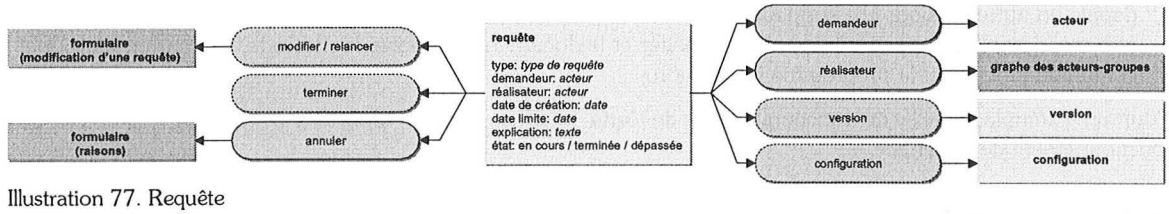


Illustration 77. Requête

Les requêtes (Illustration 77) peuvent être considérées dans un premier temps comme des messages pré-structurés pour des finalités précises. Ce sont en réalité plus que des messages car ils restent actifs tant que réponse n'a pas été rendue ou qu'un des acteurs ne les a pas annulées (voir attribut d'état). L'action « modifier / relancer » mérite explication : si l'auteur d'une requête souhaiter allonger le délai de réponse, modifier les termes de son explication (l'explication est un message texte qui précise l'intention du demandeur) ou rappeler au destinataire, réalisateur de la requête, l'importance de ce qui lui est demandé, alors il emploiera cette commande.

IV.4.9. Les réunions et programmes de réunions

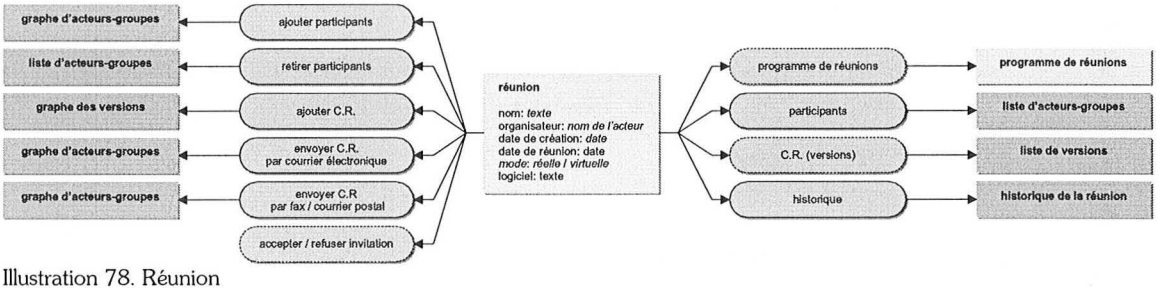


Illustration 78. Réunion

Les deux fonctions de l'objet réunion (Illustration 78) sont de planifier une réunion (date, lieu, participants, mode réel ou virtuel) et de récupérer des documents relatifs à une réunion (typiquement, des comptes-rendus). Une réunion peut être unique ou faire partie d'un programme de réunions (Illustration 79) ; dans ce cas, plusieurs réunions sont planifiées à l'avance. Il est possible d'ajouter ou d'enlever à une réunion particulière certains participants (acteurs) pour s'adapter aux exigences ou aux possibilités de chacun.

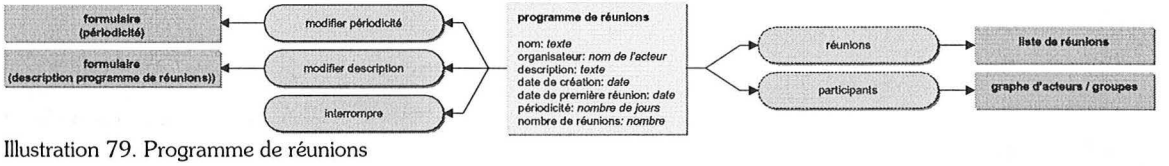


Illustration 79. Programme de réunions

IV.4.10. Actions particulières

Certaines actions doivent être accessibles à l'utilisateur quelque soit l'objet sélectionné :

mettre à jour : cette commande permet de synchroniser les objets d'un utilisateur avec les objets dont ils partagent la visibilité avec ses partenaires. Ce peut être une action automatique (qui se déclenche à intervalle de temps régulier) et manuelle (à la demande de l'utilisateur).

nouveautés : cette commande permet de résumer, objets par objets, toutes les modifications apportées depuis la dernière mise à jour. Cette commande se lance naturellement à la suite de cette dernière.

rechercher... : le mode de navigation d'objets à objets, de proche en proche, suppose de démarrer à partir d'un objet sélectionné. Cette commande permet de rechercher un document, un acteur, un message ou une réunion qui deviendra alors l'objet sélectionné, base de l'exploration des autres objets.

créer... : la création de nombreux objets se fait à partir d'un objet sélectionné (ex. une version est créée depuis un autre version, elle suppose également l'existence d'un document métier). D'autres objets peuvent être créés ex-nihilo : ce sont le document métier et le document composé, le message, l'acteur et le groupe, la réunion (unique) et le programme de réunion.

Pour un exemple détaillé de fonctionnement de cette interface, on se reportera à l'annexe « Exemple de fonctionnement de l'interface ».

IV.5. Simulation

IV.5.1. Présentation du projet

Nous prendrons appui sur un exemple de projet d'infrastructures urbaines qui s'est réellement déroulé à Nancy et relaté dans [Hanser, 2000]. Dans les tensions ou conflits que nous allons relater, il est entendu que nous ne voulons pas prendre parti pour un quelconque acteur ou groupe d'acteurs ; tel n'est pas notre propos. Nous assumons également le fait que ce que nous rapportons ne puissent être posée comme la « vérité » d'une situation perçue par tous les protagonistes de façon identique ; nous admettons ne pas connaître toutes les données du problème et ne voulons incriminer personne. L'exposé de cette situation n'est pour nous qu'un

support réaliste à notre simulation, peu importe la véracité des détails.

Dans le cadre de la réflexion sur une nouvelle politique de transports urbains, et en vue de l'élaboration du Plan de Déplacement Urbain (PDU) rendu obligatoire pour les villes françaises de plus de 100 000 habitants par la loi sur l'air de décembre 1996, ce projet concerne l'aménagement d'une première ligne de tramway à Nancy[34]. Les délais de conception et de réalisation étant très courts[35], le maître d'ouvrage, la Communauté Urbaine du Grand Nancy (CUGN), a distribuée parallèlement à trois groupements de maîtrise d'œuvre la conception et la réalisation des cinq segments (tronçons) que comporte la ligne devant traverser Nancy d'est en ouest sur 11 kilomètres (60 000 habitants directement concernés sur les 330 000 de l'agglomération nancéienne).

Ce projet ne peut être considéré comme un projet courant ou modeste. La nature exceptionnel des moyens mis en œuvre (ex. un Plan d'Assurance Qualité a été spécialement rédigé pour cette opération) en est la meilleure preuve. Il nous a semblé pourtant opportun de le prendre pour objet d'étude dans la mesure où il présente un organigramme complexe d'acteurs et une situation de concurrence entre des enjeux qui, si leur dénouement peut être correctement aidé par le collecticiel que nous proposons, montrera a fortiori la capacité de ce dernier à assister les acteurs dans des situations plus normales et plus simples.

IV.5.1.1. Contexte et acteurs

Notre étude portera sur un segment particulier, l'avenue du XX^{ème} Corps limitée à l'ouest par le boulevard du 21ème R.A. et à l'est par le boulevard d'Austrasie (plan), et sur un des groupement de maîtrise d'œuvre. Notre intérêt s'est porté sur ce segment parce qu'il traverse la ZAC (zone d'aménagement concerté) Stanislas-Meurthe dont la réalisation, antérieure au projet du tramway, était incomplètement achevée à l'époque. La maîtrise d'ouvrage de la ZAC est la mairie de Nancy ; nous sommes donc dans une situation de calage entre deux projets concourants, le projet d'aménagement d'une ligne de tramway et le projet de la ZAC, dont les maîtres d'ouvrage (et les maîtres d'œuvre) sont différents.

Nous allons maintenant nous intéresser plus particulièrement au groupement de maîtrise d'œuvre intervenant sur le projet d'aménagement du tramway. Il est composé de cinq entités : trois bureaux d'études techniques (BET) dont un mandataire (correspondant de la maîtrise d'ouvrage) et deux cabinets d'architecture. Pour l'étude qui nous intéresse, un des BET ne participe pas, son rôle étant principalement le suivi du Plan d'Assurance Qualité. Notons que l'échange de documents s'effectue par courrier électronique. Nous décrivons ci-après les rôles des quatre autres entités (les deux cabinets d'architecture dont l'un est parisien et l'autre nancéien partagent le même rôle) :

Le bureau d'études 1 (mandataire) :

coordonne l'ensemble des tâches et rédige les courriers contractuels ;

fournit les éléments techniques du tracé et réalise les études fonctionnelles de circulation et de stationnement ;

assure la conception de la signalisation lumineuse en collaboration avec le maître d'ouvrage ;

assure la conception de la signalisation horizontale et verticale ;

définit, conçoit, dimensionne et fait le projet des ouvrages d'art ;

estime les ouvrages d'art, la signalisation lumineuse verticale et horizontale et effectue la synthèse de l'estimation ;

rédige la partie ouvrages d'art du mémoire.

Le bureau d'études 3 :

collecte et prépare les fonds de plans topographiques informatisés aux différentes échelles ;

34 Le montant estimé de cette réalisation est de 920 millions de francs HT (comprenant les études, les travaux, les équipements de la ligne et le matériel roulant).

35 Les études de conception n'ont pu débuter qu'après avis favorable de l'enquête publique au mois de novembre 1998. La réalisation devait s'achever pour le printemps 2001, date des élections municipales.

coordonne les demandes des différents intervenants et réalise les levés topographiques, les sondages réseaux, les sondages géotechniques et recense les concessionnaires ;

implante le tracé au 1/200 en informatique et coordonne l'ensemble des plans de tracé ;

établit les plans de nivellement, profils en long et profils en travers ;

dimensionne les structures des revêtements ;

réalise l'étude technique et reporte l'implantation sur les plans de l'éclairage public ;

implante les poteaux et assure la connexion du système de signalisation lumineuse au réseau électrique ;

implante la signalisation verticale et horizontale ;

fait la synthèse des démolitions, abattage des arbres et assure la synthèse des différentes couches des plans numérisés ;

assure la coordination des déviations des réseaux des concessionnaires ;

estime les aménagements de surface, le mobilier urbain, les espaces verts et les démolitions ;

rédige la partie Voirie et Réseaux Divers du mémoire.

Les cabinets d'architecture :

définissent le parti architectural, réalisent les plans et notes architecturales des ouvrages d'art ;

définissent, conçoivent, dimensionnent et reportent les espaces verts ;

définissent l'ambiance, le design et les principes d'implantation des supports d'éclairage public ;

collectent les informations relatives à l'insertion urbaine (POS, urbanisme, périmètre de sauvegarde ABF) ;

participent à la définition du tracé en section courante et aux points particuliers (places, stations, carrefours). Ils gèrent également les interfaces liées à l'insertion urbaine (poteaux caténaires, ancrage en façade) ;

sont responsables de l'étude des stations ;

conçoivent la définition architecturale : plans au 1/500 et détails au 1/200 et autres échelles ;

dimensionnent les revêtements de surface ;

réalisent l'implantation détaillée du mobilier urbain ;

rédigent le mémoire d'insertion urbaine et assurent l'établissement et le suivi des dossiers administratifs (permis de construire, permis de démolition).

IV.5.1.2. Problème

Le projet pour la ZAC Stanislas-Meurthe, antérieur au projet d'aménagement du tramway, prévoyait un alignement d'arbres de chaque côté de l'avenue du XX^{ème} Corps. C'est tout au moins l'image que le concepteur de ce projet, un bureau d'études paysagistes parisien, avait « vendu » à son maître d'ouvrage, la Ville de Nancy. C'est donc cette image qui devait être réalisée. Or, les études ultérieures menées par le groupement de maîtrise d'œuvre montrèrent que l'implantation d'arbres à cet endroit était impossible pour deux raisons ; d'une part, des réseaux souterrains empêchaient cette implantation et d'autre part, même à considérer une éventuelle déviation de ces réseaux, la largeur disponible entre les deux bâtiments de part et d'autre de l'avenue ne pouvait contenir tous les éléments prévus : deux voies d'accès pour les pompiers le long de chaque bâtiment, deux trottoirs et un terre-plein, deux voies de circulation automobile et deux voies de circulation pour le tramway, ce qui correspondait tout juste à l'espace compris entre les deux bâtiments. L'emprise d'un seul arbre, donné par la dimension de la grille, de 1,40m (au minimum) interdisait dans ces conditions (toutes les solutions ont-elles été envisagées ?) l'alignement d'arbres proposés dans le cadre de la ZAC.

IV.5.1.3. Déroulement

Cette situation a montré une situation de conflits entre les deux maîtrises d'œuvre, et sa résolution (élimination des arbres) a pris trois semaines à un mois. Nous exposons maintenant les différentes étapes clés de déroulement :

1. Après la réunion hebdomadaire entre les membres du groupement de maîtrise d'œuvre du tramway, décision est prise de débuter les études sur la partie qui comprend le tronçon évoqué ici. Le BET 1 (mandataire) doit procurer le plan d'aménagement de la ZAC auprès des paysagistes et le BET 2 les plans des réseaux.
2. Les deux cabinets d'architecture se partagent le travail sur cette partie ; l'un (le cabinet nancéien) doit s'occuper de la partie du tronçon dont nous parlons, l'autre prend en charge une partie située plus loin (le cabinet parisien). C'est donc le cabinet nancéien qui se trouve en première ligne (même si les deux cabinets étant conjoints dans le marché, leur responsabilité d'un point de vue contractuel ne peut être séparée). Sans attendre les plans du BET 1 ou du BET2, ce cabinet commence à produire des plans incluant l'alignement d'arbres. Il se trouve que les architectes connaissent cette donnée, ayant pu consulter par ailleurs des perspectives des paysagistes, mais ils ne connaissent pas les caractéristiques précises de cette implantation.
3. Le BET 2 obtient enfin les plans et s'aperçoit de l'incompatibilité des réseaux souterrains avec l'implantation des arbres. Mais aucune décision ne peut être entérinée sans l'accord des responsables de l'aménagement de la ZAC, le bureau d'études paysagistes.
4. Ce bureau d'études rejettent l'idée qu'il n'y ait plus d'arbres. Le cabinet d'architecture et le BET 2 s'emploie alors à démontrer l'impossibilité technique ; ils produisent plusieurs hypothèses de plans à destination du bureau d'études paysagistes qui la montrent clairement. Cette étape est la plus longue ; les paysagistes ne démordant pas de leur idée initiale (nous ne discuterons pas de la valeur de cette idée), il faut alors plusieurs réunions et plusieurs envois de plans pour les convaincre finalement.

Il semble que la stratégie employée par les paysagistes, et là nous ne voulons pas porter de jugement, ait été de faire la sourde oreille aux arguments avancés par les équipes de maîtrise d'œuvre, profitant qu'ils étaient extérieurs au projet du tramway et donc dans une logique de contraintes temporelles différente. Par exemple, les paysagistes ont pu prétexter des difficultés informatiques (ne pas avoir reçu le courrier électronique avec les plans attachés, ou bien avancer que les plans informatiques reçus étaient « corrompus » donc inexploitables) pour ne pas avoir à répondre à leurs interlocuteurs. Cette stratégie aurait pu se révéler payante dans le cas où, finalement, une autre contrainte se soit relâchée libérant ainsi la possibilité de mettre les arbres. Au final, c'est le manque de formalisation des échanges et l'absence de traces sur lesquelles le groupement de maîtrise d'œuvre aurait pu démontrer les « lenteurs » des paysagistes à répondre, qui ont conduit sans doute à ce que le problème ne trouve solution qu'après plusieurs semaines.

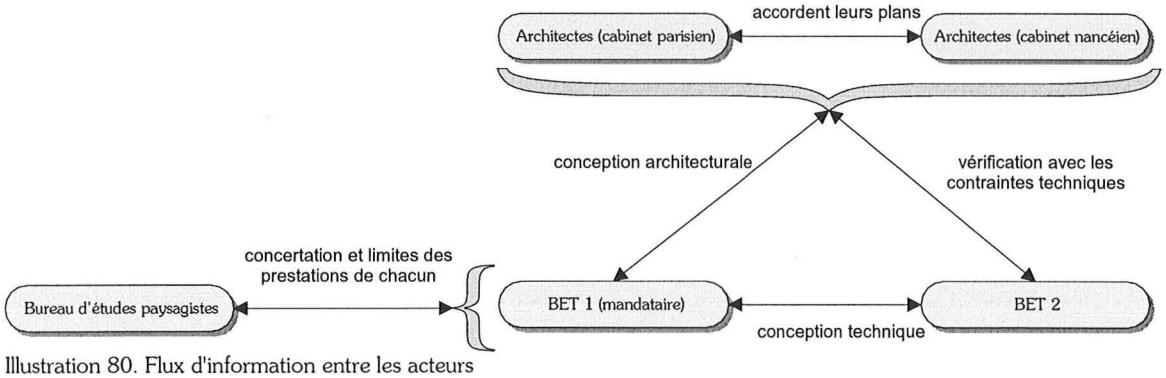


Illustration 80. Flux d'information entre les acteurs

Nous schématisons les flux d'information entre les cinq protagonistes de cette histoire (Illustration 80).

IV.5.2. Simulation du projet avec le collecticiel

Pour cette simulation, nous considérerons que tous les échanges (de documents, de requêtes, de messages) s'effectuent par le biais du collecticiel. Pour conserver de la clarté à nos schémas, nous avons limité le nombre de protagonistes et le nombre de documents.

Dans cette simulation, nous n'allons pas représenter tous les acteurs ni toutes les commandes exécutées par chacun des acteurs. Voici comment les schémas suivants. Nous représentons les vues de chaque acteur (1 architecte, 2 bureaux d'études techniques, 1 paysagiste), c'est-à-dire les objets (documents et requêtes) que chacun d'eux peut voir dans son interface à un instant donné. Les colonnes figurent pour chaque acteur l'ensemble des vues auxquelles il a accès. Sur une même ligne sont disposées les quatre vues à un même instant donné. Les documents sont représentés par des rectangles (rectangles blancs pour les versions et rectangle gris pour les documents métier) ; les rectangles arrondis représentent les requêtes. Nous faisons figurer les échanges de documents ou les requêtes par des flèches indiquant le sens de l'échange. L'ordre des échanges sur une même ligne de vues est indiqué par des numéros au dessus des flèches (1, 2, 3, etc.). Les flèches en pointillés montrent les documents rendus visibles par les requêtes ; en effet, lorsqu'un acteur A adresse à un acteur B un requête sur une version de document, par exemple pour avis, cette version est alors automatiquement rendue visible à B, si cela n'est pas déjà le cas.

Enfin, un commentaire à gauche est présenté, en rapport avec la ligne à côté de laquelle il se trouve. Pour gagner de la place dans nos illustrations, certains objets devenus inutiles par rapport au déroulement de l'histoire disparaîtront de ces vues (ex. le compte-rendu initiale de réunion).

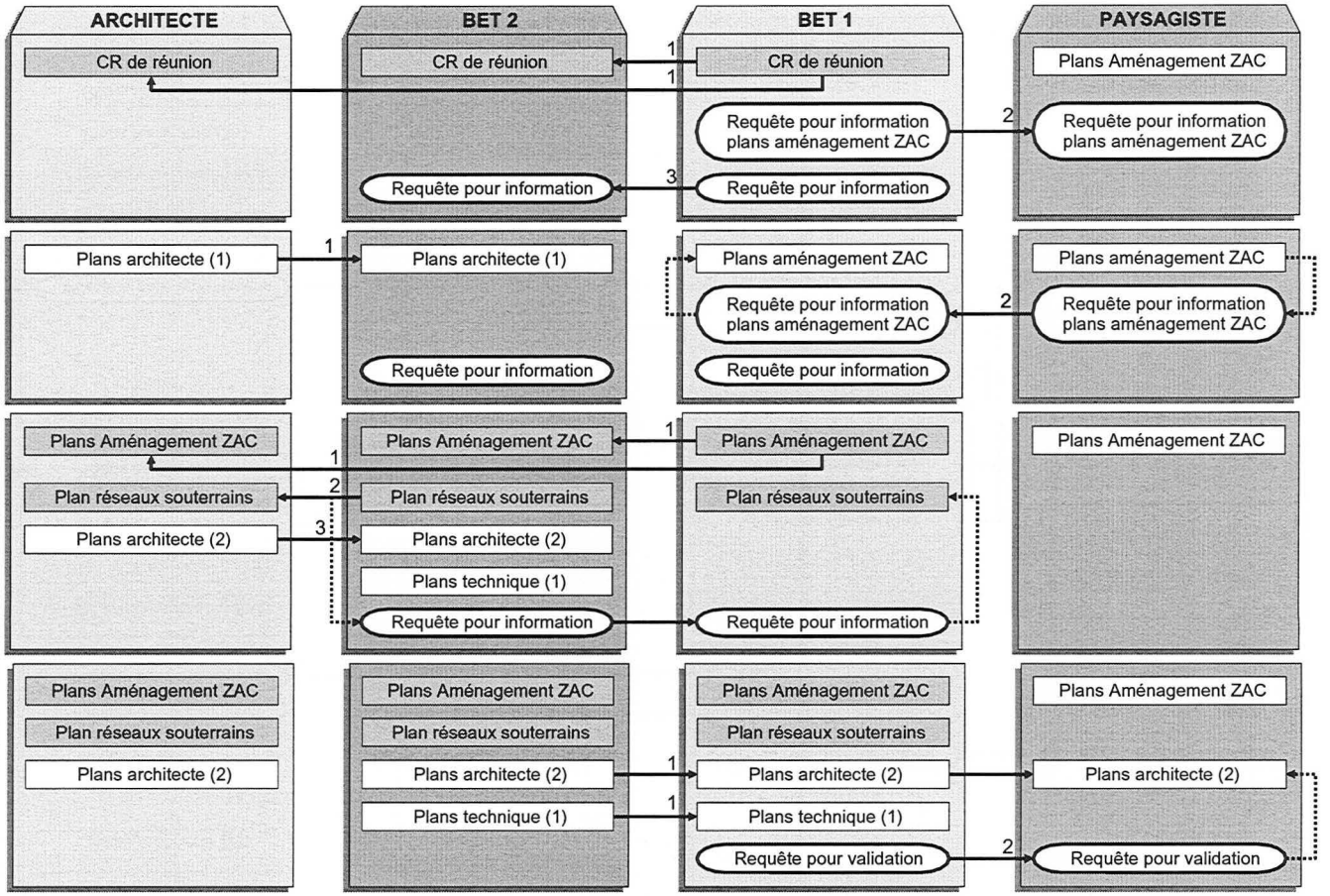
On voit sur ces schémas que certains documents métier (représentés par des rectangles gris) sont partagés par les trois acteurs architecte, BET 1 et BET 2. Il s'agit du compte-rendu de réunion, du plan d'aménagement de la ZAC et du plan des réseaux souterrains. Cela signifie en particulier que lorsque l'un deux est modifié, c'est-à-dire lorsqu'une nouvelle version lui est ajouté, cette version est automatiquement transmise aux deux autres acteurs. Ainsi, à la fin de ce scénario, lorsque le plan d'aménagement de la ZAC est modifié par le paysagiste puis transmis au BET 1, l'architecte et le BET 2 peuvent voir cette modification sans que le BET 1 est explicitement à le rendre visible à ses deux partenaires.

(1) À l'issue d'une réunion, un compte-rendu est rédigé par BET1 et envoyé à l'architecte et au BET2. BET1 se charge de demander au paysagiste le plan de la ZAC et demande à BET2 de fournir le plan des réseaux.
[2 et 3) Cela fait l'objet de 2 requêtes.

(1) L'architecte, d'après la connaissance qu'il a du plan de la ZAC, commence à dessiner un plan avec des arbres qu'il envoie alors à BET2.
[2) BET1 obtient du paysagiste le plan demandé.

(1) Le BET1 envoie ce plan à l'architecte et au BET2.
(2) Le BET2 obtient les plans de réseaux et répond à la requête du BET1 ; il envoie également ce plan à l'architecte avec le commentaire « pas d'arbre ».
(3) L'architecte produit alors un nouveau plan sans arbre qu'il redonne au BET2 à partir duquel il dessine les plans techniques.

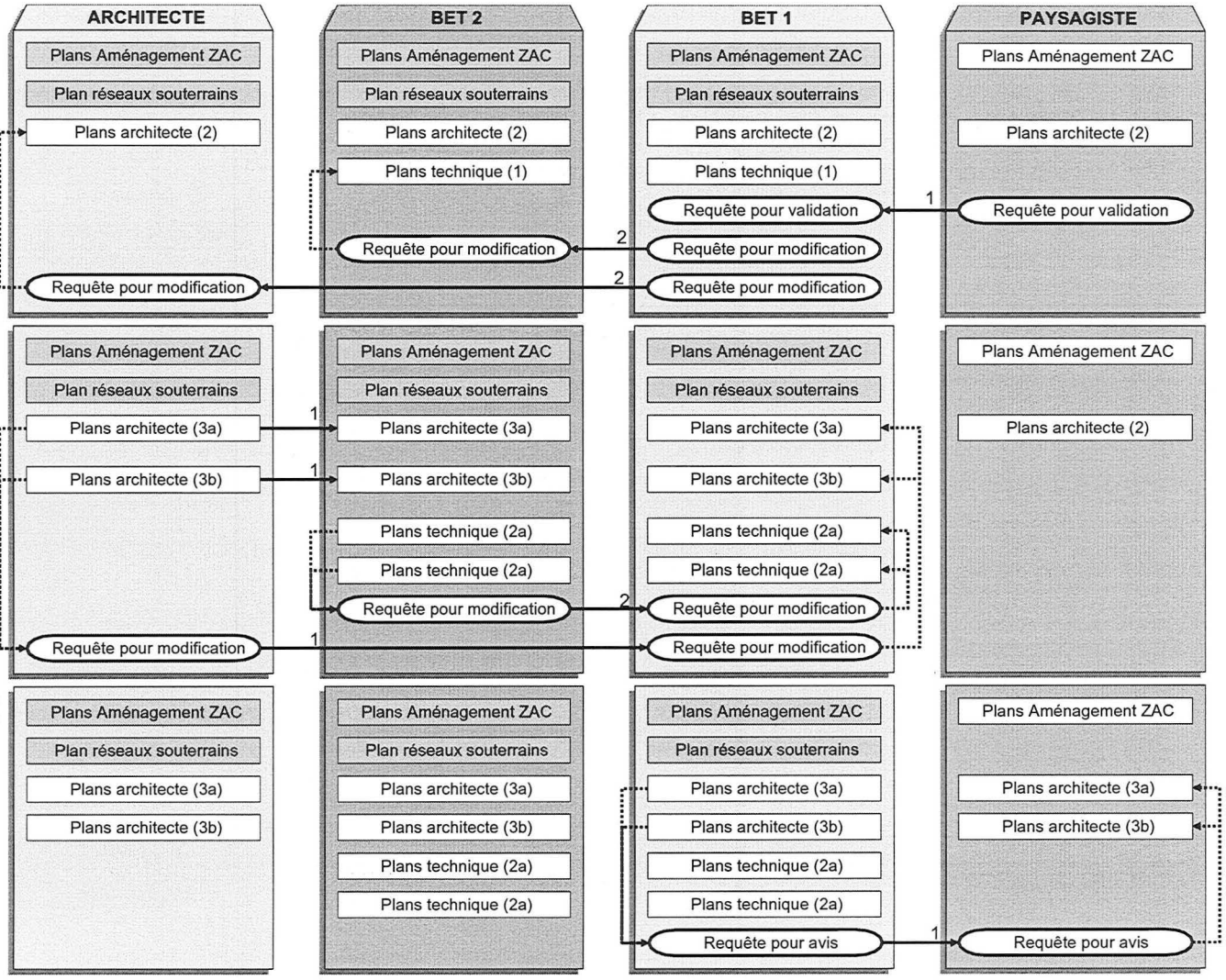
(1) Le BET2 envoie les plans de l'architecte et les siens à BET1.
(2) Celui-ci adresse alors une requête pour validation au paysagiste (uniquement sur les plans de l'architecte)..



(1) Le paysagiste n'est pas d'accord avec la solution « sans arbre ».
(2) Le BET1 demande au BET2 et à l'architecte d'essayer d'accommoder les plans avec la contrainte du plan de la ZAC (il faut des arbres).

(1) Après concertation (téléphonique ou par messages), l'architecte et le BET2 décide alors de démontrer qu'il y a une impossibilité à placer les arbres. En l'occurrence, l'architecte produit deux hypothèses de plans où l'on voit que l'alignement d'arbres entravent le passage sur le trottoir et sur les accès réservés aux pompiers. Il envoie ces deux plans au BET1 (réponse à sa requête) et à BET2.
(2) De son côté BET2 produit les plans techniques correspondant à chacune des hypothèses de l'architecte.

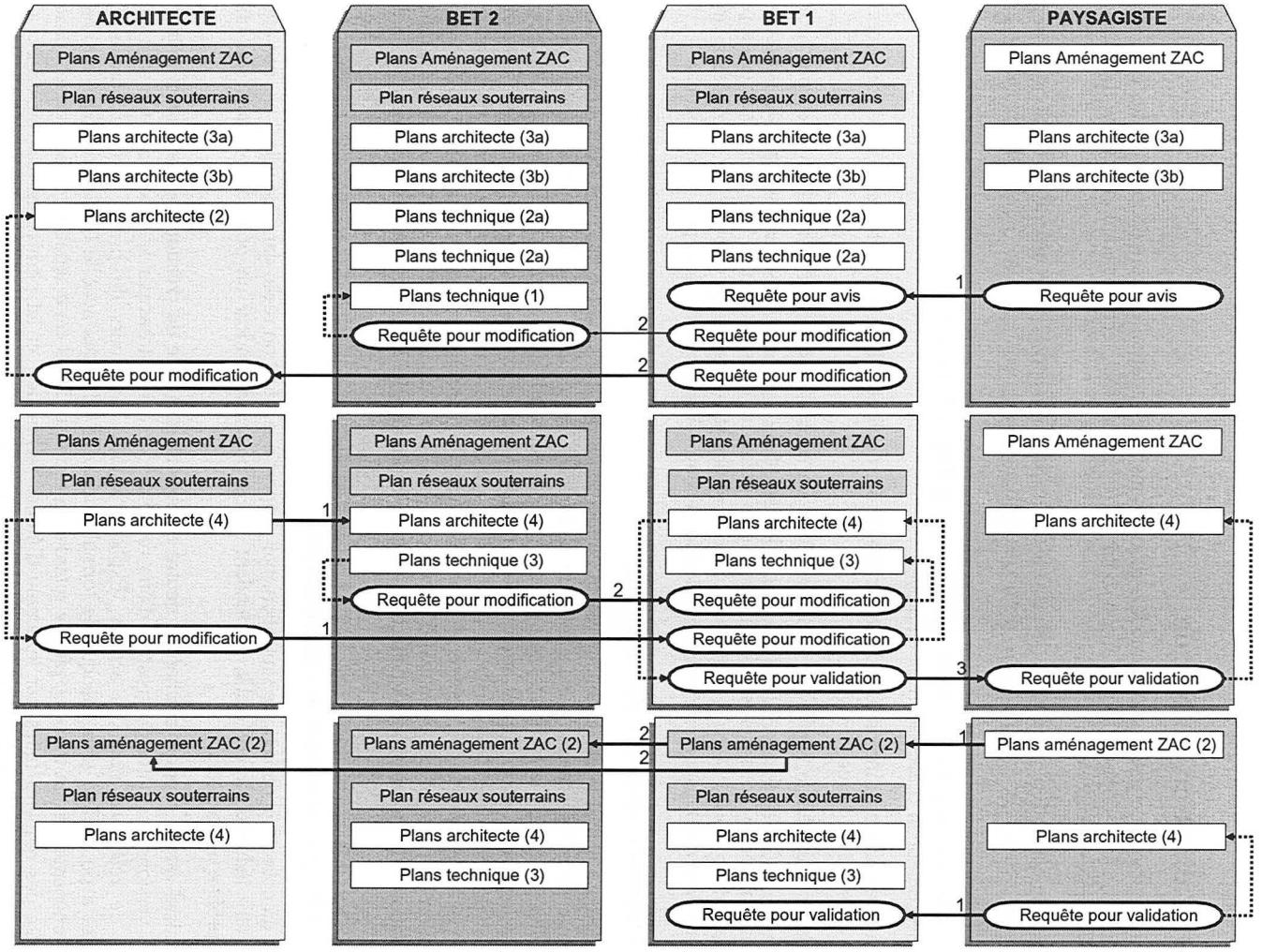
(1) Le BET1 se charge de transmettre ces deux nouvelles hypothèses au paysagiste pour avis.



(1) Le paysagiste est convaincu de l'impossibilité technique de placer l'alignement d'arbres. C'est la réponse qu'il donne à BET1.
(2) Le BET1 adressent alors une requête pour modification à l'architecte et au BET2 sur les plans antérieurs, lorsque les arbres avaient été éliminés dur projet.

(1) et (2) L'architecte puis le BET2, à partir des plans de ce dernier, renvoie leurs nouveaux plans au BET1.
(3) Le BET1 adresse alors une requête au paysagiste pour validation à partir du plan de l'architecte.

(1) Le paysagiste renvoie au BET1 son accord et en profite pour mettre à jour son propre plan d'aménagement de la ZAC et le transmettre à BET1.
(2) Le BET1 retransmets ce plan à ces partenaires. .



IV.5.3. Validation théorique

Il s'agit maintenant de valider notre modèle d'outil dans une situation de conception réaliste. Bien sûr, notre proposition n'ayant donnée lieu à aucun outil informatique réel, cette validation restera théorique. Nous distinguons trois niveaux de validation :

Niveau de validation minimum : la viabilité du modèle présenté pour un travail collaboratif impliquant plusieurs acteurs et organisations distribués géographiquement sur une durée de plusieurs jours ou semaines ;

Niveau de validation intermédiaire : la valeur ajouté d'un collecticiel qui supporte ce modèle par rapport à la situation où aucun collecticiel n'est employé ;

Niveau de validation maximum : la valeur ajouté d'un collecticiel qui supporte ce modèle par rapport à un autre collecticiel comme BSCW.

Il est évident que, plus le niveau de validation est élevé, plus les éléments de validation que nous avancerons resteront du domaine de la conjecture. Nous tenterons tout de même d'apporter à cette discussion des arguments, même si nous devons rester conscients qu'ils ne constituent pas des preuves. Seules plusieurs expérimentations d'un collecticiel dans des situations réelles et variées de conception (ce qui dépasse largement les moyens dont nous disposons) pourraient donner à cette validation une valeur plus incontestable.

IV.5.3.1. Niveau minimum de validation

Il s'agit de constater si le déroulement réel de l'opération a pu être simulé fidèlement, tout au moins de façon satisfaisante pour les acteurs, par l'emploi du collecticiel. Les échanges de documents informatiques par le collecticiel reproduisent les échanges tels qu'ils ont pu (ou auraient pu) être réalisés. Dans une même opération de conception-construction, il peut arriver que la remise de plans soit réalisée en main propre, c'est-à-dire sans passer par un collecticiel. Nous n'avons pas oublié cette donnée dans notre modèle. Ainsi, qu'un envoi passe ou non par le collecticiel, il peut être capturé suivant le modèle proposé ; mais dans le deuxième cas, l'information ne pouvant par définition être collectée par le collecticiel, c'est à l'utilisateur de la lui renseigner. La simulation que nous venons d'effectuer semble répondre de façon satisfaisante au premier niveau de validation.

IV.5.3.2. Niveau intermédiaire de validation

L'apport du collecticiel dans notre simulation, par rapport à la situation réelle dans laquelle il n'a pas été utilisé, ne peut être indubitablement établi. Cependant, nous pouvons avancer un point sur lesquel son utilisation pourrait profiter aux acteurs.

Le collecticiel est un support d'échanges neutre et objectif. Les date de création de documents métier ou de nouvelles versions, les dates de création d'une requête sont enregistrées par le collecticiel. Ce sont alors des éléments de référence pour les acteurs. Expliquons-nous : au cours du projet réel, le bureau d'études paysagistes a pu profiter d'un manque de formalisation des échanges avec le bureau d'études en charge du projet d'aménagement du tramway afin de retarder sa réponse. Dans cette situation, le collecticiel conserve un trace datée des requêtes faites par le bureau d'études techniques, et lui permet, au cas où celui-ci aurait à justifier du retard pris par les études auprès de son maître d'ouvrage, de rejeter la responsabilité sur les paysagistes. La formalisation des échanges par les requêtes est un moyen de prévenir les oublis involontaires ; elle peut aussi diminuer le nombre des oublis volontaires. Mais soyons clair : le collecticiel ne peut pas (et ne doit pas) modifier les rapports préexistants entre acteurs ; le jeu traditionnel des acteurs, qui reflète parfois à des intentions « malhonnêtes » (ex. rétention d'information, mauvaise foi) ne peut être contraint par le collecticiel.

IV.5.3.3. Niveau maximum de validation

Par rapport à un collecticiel comme BSCW, nous espérons que notre proposition apporte quelques améliorations :

L'intégrité de la base documentaire de chaque acteur ; dans notre proposition, il n'y a pas de différence entre la base documentaire partagée et la base documentaire personnelle. En fait, l'utilisateur n'a affaire qu'à sa base documentaire personnelle. La gestion des attributs est de son ressort, ce qui lui permet de classer ses documents à sa convenance. D'autre part, aucun de ses partenaires ne peut agir directement sur elle pour en détruire ou en altérer des parties.

Le contrôle des documents (et messages et requêtes) montrés ; il n'est pas toujours utile de montrer toutes les versions d'un document au cours de son cycle de vie ; certaines versions intermédiaires doivent rester invisibles à certains acteurs ou à tous. La gestion des droits d'accès dans les collecticiels courants ne permet cette finesse pourtant commune dans le monde papier. Pour autant, notre proposition prévoit « la visibilité sur les documents métier » qui permet, dans la simulation que nous avons faites, d'autoriser l'architecte et le BET 2 à voir les modifications apportés aux plans d'aménagements de la ZAC dès que le BET 1 les reçoit du paysagiste.

Le dépassement de la notion de projet ; l'exemple pris pour notre simulation montre une situation où deux projets sont en cours simultanément et qui vont s'influencer mutuellement. Un collecticiel organisé autour de la notion fondatrice de projet aurait irrémédiablement séparé les documents de ces projets. Pourtant, nous avons vu que les plans d'aménagement de la ZAC (documents composés), de la responsabilité du bureau d'études paysagistes, pouvaient être partagés par les acteurs travaillant sur l'aménagement du parcours du tramway. De son côté, le bureau d'études paysagistes a loisir de travailler avec d'autres acteurs non représentés dans notre simulation sur ces mêmes plans, en toute discrétion par rapport aux acteurs concernés par le tramway.

IV.6. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons proposé une hypothèse sur le modèle coopératif que doit mettre en œuvre notre proposition de collecticiel et une hypothèse sur l'utilisation du collecticiel lui-même. La première hypothèse peut se résumer de la façon suivante : en mettat à niveau le modèle coopératif des collecticiels afin qu'ils puissent supporter les rapports d'indépendance entre acteurs, caractéristiques de l'entreprise-projet, nous pensons améliorer la performance des collecticiels et leur acceptation auprès des professionnels. La seconde hypothèse se décompose en deux points. Le premier affirme qu'il est difficile, voire impossible, de déterminer à l'avance tous les processus, toutes les données et même tous les acteurs qui vont permettre la réalisation des activités de production du cadre bâti ; en revanche, chaque acteur est détenteur d'un savoir-faire qui le conduit à réagir face à des situations données et à provoquer des échanges, le cas échéant, avec ses partenaires. Nul n'a la connaissance globale des actions à entreprendre, mais chacun en connaît une partie ; la mise en commun de ces connaissances fragmentaires et dispersées, par la discussion, par la négociation, par le conseil et l'expertise, peut apporter à la somme des actions individuelles une cohérence globale et une maîtrise des utilisateurs.

Le second point sur l'outil logiciel tente d'anticiper une difficulté à laquelle sont confrontés les utilisateurs de collecticiels « classiques » sur l'entente obligée, et pas nécessairement acceptée, de tous les membres d'une équipe sur la présentation des données partagées. Nous avançons qu'il serait souhaitable que les utilisateurs puissent continuer à présenter leurs données suivant une logique qu'il choisisse individuellement et que le collecticiel se charge de faire les liens de correspondance nécessaires entre les différentes présentations « locales ».

Nous décrivons ensuite le collecticiel proposé. Il s'ensuit que ce collecticiel reste assez générique pour pouvoir s'adapter à des situations variées de conception collaborative, et pourquoi pas, à d'autres contextes de collaboration dans lesquels on retrouve des conditions similaires à celles rencontrées dans le bâtiment.

Nous pensons que la généricité de l'outil est tout à fait compatible avec la forte adaptation à un contexte sectoriel donné. De nombreux exemples dans le domaine logiciel viennent appuyer ce point de vue : traitements de texte, tableurs, modeleurs géométriques 2D et 3D ont fait, et continuent à faire, leurs preuves face à des exigences diverses et précises.

N'oublions pas non plus que les acteurs du bâtiment n'ont en majorité qu'une faible expérience de la coopération informatisée, ce qui plaide plutôt en faveur d'une première génération de collecticiels généralistes. Lorsqu'un usage stabilisé de ces collecticiels se dessinera, alors il sera temps de penser à des extensions

professionnalisantes, notamment en ce qui concerne certaines procédures (ex. commande de matériaux)

Perspectives

À ce point de notre travail, l'exigence la plus critique, et notre première perspective, est la validation pratique d'un prototype de collecticiel fondé sur le modèle que nous proposons. Les travaux menés au CRAI devrait à l'avenir satisfaire cette exigence. La validation qui s'ensuivrait devrait répondre à un double objectif : d'abord s'assurer que le modèle permet aux utilisateurs une bonne représentation de la documentation de travail et des activités en cours ; ensuite, trouver des fonctionnalités manquantes ou bienvenues à ajouter au collecticiel, ce que nous développons maintenant.

Extensions des fonctionnalités

Voici un exemple de liste de fonctionnalités qui pourraient présenter un intérêt pour les utilisateurs. Chacune peut être ajoutée sans remettre en cause le principe général du collecticiel. Mais parce qu'elles impliquent des développements qui nous entraîneraient loin de notre objectif premier, la conception collaborative de documents de travail, nous ne les avons pas développé dans notre modèle :

Communication textuelle ou vocale synchrone, et indicateurs de disponibilité. Dans l'hypothèse où les utilisateurs restent connectés à internet pendant de longues périodes, c'est-à-dire pas seulement pour se synchroniser avec leurs partenaires, cette fonctionnalité peut enrichir la conscience de groupe en indiquant quels acteurs sont disponibles pour discuter de manière synchrone. Nous faisons une distinction entre au moins deux états qualifiant chaque acteur : un état d'indisponibilité si l'acteur n'est pas connecté ou s'il ne désire pas rentrer en communication avec quelqu'un d'autres, et un état de disponibilité dans les cas contraires. Cette communication, par son caractère spontanée et informelle, prétends résoudre d'éventuels problèmes sans recourir aux requêtes plus formalistes ; dans certains cas, il serait profitable de conserver une trace des échanges (textes) dans un message (au sens où nous l'avons défini) conservé par le collecticiel. Aujourd'hui, le téléphone et le fax sont les moyens les plus usités pour ce type de communication.

Visualisation synchrone de fichiers. La revue collective de plans-papier (ex. lors de réunion, les acteurs annotent au feutre, dessinent des détails, en barrent d'autres) est une pratique qui pourrait trouver un équivalent électronique qui, certes, ne présenterait pas la même facilité, mais aurait quelques avantages par rapport à la pratique physique. D'une part, il n'obligerait pas les acteurs à se trouver au même endroit au même moment ce qui pourrait augmenter la fréquence de ce type de rencontres et favoriser la compréhension mutuelles des acteurs. D'autre part, une trace des annotations graphiques de chacun des participants à la revue de documents serait conservée et rendue accessible par le collecticiel.

Archivage des données. Nous n'avons pas mentionné dans notre description du collecticiel de mécanisme permettant d'archiver les documents logiques, les versions, les fichiers, etc. Pour ne pas surcharger le support physique des données (ex. disque dur), il est important de pouvoir enlever certains fichiers anciens et les conserver sur un nouveau support (ex. CD-R). L'archivage reste de la responsabilité de chaque acteur par rapport aux seuls documents (et fichiers) qui lui sont visibles.

Compression implicite. La vitesse de transfert de fichiers par internet est aujourd'hui un problème préoccupant qui ne les encourage pas à s'échanger des masses volumineuses de fichiers. Même en considérant une augmentation future (et probable) de cette vitesse, le problème ne cessera pas d'être embarrassant dans la mesure où l'on peut pronostiquer que les besoins, en terme de quantité-mémoire de données, augmenteront avec la vitesse. La compression implicite de fichiers consiste à compresser, de manière transparente pour les utilisateurs, les fichiers avant qu'il ne soient transférés et de le décompresser

après leur transfert, et toujours de manière transparente.

Publication de fichiers sur un site internet. Pour communiquer des fichiers à un public qui possède un accès à internet, mais ne possèdent pas le collecticiel, cette fonction permettrait de créer une page (html) et de la publier sur le site personnel d'un acteur. Cette possibilité intéresserait par exemple, dans le cadre d'un projet public, les futurs usagers.

Répertoire de sites internet à usage professionnel. Nous avons vu que l'information professionnelle est extrêmement nombreuse et variée sur les sites internet. Un accès rapide à un répertoire de sites pourrait être prévu où les liens (URL) pourraient être échangés.

Intégration d'un modèle de données de produits et d'un modèle coopératif

La deuxième perspective, plus lointaine, est à mettre en rapport avec l'avènement prochain, que nous croyons inéluctable même s'il est loin d'être aujourd'hui une réalité de la pratique, des échanges de données par le modèle IFC. Car ce qu'il annonce n'est pas seulement un format de données universel (inter-métiers et inter-logiciels), ce qui constituera au demeurant une avancée remarquable par rapport à la « babélisation » actuelle, mais la possibilité pour les acteurs de partager une maquette virtuelle de l'ouvrage en cours de conception ou de réalisation, et de fonder leurs échanges sur ce référentiel commun. Par exemple, au lieu d'un commentaire sur un fichier (ou une version de document selon notre modèle), les acteurs formuleraient des commentaires sur un ouvrage ou une partie d'ouvrage comme une cloison, un escalier, une fenêtre, etc.

L'unification d'un modèle coopératif et d'un modèle de données est prometteuse ; nous pensons qu'elle ne remets en cause l'idée forte que nous avons soutenue et développée, c'est-à-dire que l'indépendance (décisionnelle et méthodologique entre autres) des acteurs, caractéristique de l'entreprise-projet dans le bâtiment, doit être respecté par le collecticiel.

Conclusion

Poser le problème d'un outil logiciel destiné à supporter le travail coopératif des acteurs du bâtiment, c'est mettre en confrontation deux univers cognitifs distincts, l'univers de la recherche sur le TCAO et l'univers de la production du cadre bâti, pour déterminer ce que le premier peut apporter au second. L'apport n'est d'ailleurs pas à sens unique : le contexte propre au secteur du bâtiment se révèle être un champ d'application complexe et original pour la communauté scientifique spécialisée dans le TCAO.

Nous avons tenté dans ce travail d'apporter à notre regard sur ce problème notre expertise du domaine du bâtiment, en évitant ce qui nous semble être le principal écueil pour une recherche comme la nôtre, la surestimation à la fois de la capacité des acteurs traditionnels du bâtiment à adapter leur pratique à une nouvelle instrumentation informatique, et de la capacité des technologies à résoudre des problèmes dont la composante essentielle est sociale.

Nous engageant dans la voie d'un collecticiel de projet partagé, nous avons trouvé aux solutions actuelles un inconvénient majeur qui les rend inaptes à supporter correctement de nombreuses situations conceptuelles caractéristiques de l'entreprise-projet : autant ces collecticiels, par certains aspects tels que la légèreté de leur mise en œuvre et l'universalité de leur accès permise par le réseau internet, sont en adéquation parfaite avec l'idée ce qu'on appelle aussi l'entreprise éphémère, autant sont-ils, par d'autres aspects, comme la lourdeur des règles de fonctionnement qu'ils demandent de respecter ou les schémas hiérarchiques et autoritaires sur lesquels ils reposent (pour la gestion des droits d'accès par exemple), en contradiction avec elle. Notre proposition va dans le sens d'une réponse à ce problème. C'est en cela que nous situons l'originalité et l'apport scientifique principal de notre travail.

Nous en avons fait découler deux conséquences. Premièrement, notre modèle tente de supporter l'indépendance technico-méthodologique des acteurs ; en particulier, nous pensons que l'utilisateur du collecticiel, n'a pas à souscrire à des règles de présentation commune des données (ex. emplacement et nomenclature de fichiers) pour coopérer avec ses partenaires ; c'est au collecticiel à assumer automatiquement cette charge de travail. Deuxièmement, le collecticiel doit être apte à représenter un maximum de situations de projet, des « micro-projets » (ex. coopération courte entre un dessinateur freelance et un cabinet d'architecture) aux « macro-projets » (ex. projet d'aménagement urbain d'une durée s'étalant sur plusieurs années), et de l'intrication complexe des premiers dans les seconds. Nous pensons qu'il faut profiter du fait que l'acteur soit un référentiel « supra-projectuel » (qui dépasse et englobe chaque situation particulière de projet) pour lui conférer la responsabilité de décrire lui-même, à sa convenance, sa relation aux autres acteurs par rapport aux documents ou aux ressources partagés. Le modèle proposé répond à ces deux directives.

Pour terminer, nous voudrions replacer notre discours dans le cadre plus global de l'économie liée à la coopération électronique.

Les services de projet en ligne constitue aujourd'hui une promesse énorme, tant du point de vue économique que du point de vue de la maîtrise des processus de conception et de construction. Malgré une offre commerciale étendue, soutenue par des moyens financiers conséquents, ces services n'atteignent pas le seuil de rentabilité[36]. Au delà des raisons techniques (ex. lenteur des connexions), nous y voyons le problème de la masse critique (nombre minimum d'utilisateurs pour que le service soit rentable) soulevé par Grudin. Ce

36 On se référera à la lettre « Internet et BTP » no.2 du 5 juillet 2001. (URL : http://moniteur-expert.freemen.net/lettre_e-construction/LETTRE2.htm) faisant état de la liquidation d'un opérateur de réseau privé B2Build.

problème est en forme de cercle vicieux : les professionnels ne ressentent pas le besoin de les employer dans un système où personne ne les emploie.

Il est probable que le passage des professionnels vers ces solutions coopératives s'opère par un basculement rapide et brutal. Ainsi ne serait-il pas étonnant d'observer, après ce basculement, la situation où un acteur ne pourra plus travailler sans en passer par un collecticiel (de manière moins critique mais toutefois comparable, le fax est aujourd'hui un dispositif dont les acteurs ne peuvent plus se passer).

Sans attendre ce moment, nous croyons nécessaire de débuter une réflexion, non sur un nouvel outil collaboratif qui serait forcément concurrent d'outils existants, mais sur un protocole coopératif qui rendrait interopérables tous ces outils. Bien sûr, cette idée est sans doute prématurée, étant donnée la concurrence qui fait encore rage entre les principales sociétés proposant ces services, mais, à l'image de ce qui se produit aujourd'hui avec le modèle IFC, concepteurs de solutions coopératives et professionnels du bâtiment ont tous a y gagner.

La gestion de projets en ligne nécessite de nouvelles compétences, on l'a vu avec les armoires à plans informatisés pour lesquelles de acteurs (techniciens, formateurs, commerciaux, etc.) viennent s'ajouter au système traditionnel d'acteurs. Les progrès récents de l'informatique communicante en matière de facilité de déploiement et d'utilisation de collecticiels permettent dans une certaine mesure de s'affranchir de cette première difficulté. Reste que le changement entraîné par la gestion de projets en ligne ne s'arrête pas à ce seul aspect de difficulté technique et pédagogique. La facilitation des échanges d'une part, avec pour conséquence attendue une augmentation du flux d'échange entre les partenaires du projet, et la plus grande formalisation des échanges d'autre part, et son impact sur la transparence du jeu des acteurs, amènent un requestionnement des pratiques de coopération.

Pour les architectes, en France, cette transformation dénote un glissement vers une façon de faire dans laquelle l'architecte n'est plus « l'homme du projet » ; il partage avec les autres acteurs la paternité intellectuelle de l'ouvrage conçu. On voit là que derrière un dispositif technique qui se prétends neutre (merveilleusement symbolisé par le schéma des acteurs disposés en étoile autour du projet) s'annonce un bouleversement culturel important.

Il n'est pas innocent de remarquer combien actuellement les architectes français prennent conscience de ce bouleversement et s'investissent, notamment par le biais de leur syndicat (UNSFA) et du projet Démoweb dont nous avons fait état, dans la conception même de ces nouveaux systèmes. Pour l'heure, il est encore difficile de prédire dans quel sens va jouer le rééquilibrage des forces et à qui il va profiter. Mais la prise de conscience des architectes à ce nouvel enjeu ne peut être que de bonne augure.

Certains chercheurs, comme Nicholas Negroponte[37] considère que « 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 productrice de pouvoir. » (cité dans [Dauguet, 1999]). On peut reconnaître de la justesse à cette analyse sans toutefois souscrire absolument à son optimisme : le progrès technique ou scientifique amène un déplacement des problèmes bien plus qu'une solution à ces problèmes et il s'agit de donner à ce déplacement la direction qu'il nous semble préférable, ce qui est affaire de lucidité et non de confiance.

37 Nicholas Negroponte: « L'Homme Numérique », 1995, 296 pages, Robert Laffont.
Architecte de formation, Negroponte est fondateur et directeur du Laboratoire des Médias (MediaLab) au MIT (Massachussets Institute of Technology) à Boston.

Bibliographie

[Almasi et al., 1994] Almasi G. Functional Specifications for Collaborative Services. CERC Technical Report Series, Technical Memoranda, CERC-TR-TM-94-002, Proceedings of the IEEE Third Workshop on Enabling Technologies : Infrastructure for Collaborative Enterprises, 17-19 Avril, 1994, Morgantown, WV, pp.225-238. Los Alamitos, CA: IEEE Computer Society Press, 1994.

[Appelt et al., 1998] Appelt W., Hinrichs E., Woetzel G. Effectiveness and Efficiency : The Need for Tailorable User Interfaces on the Web, Proceedings of the 7th International World Wide Web Conference, Brisbane, Australie, Avril 1998.

[Appelt, 1999] Appelt, W. WWW Based Collaboration with the BSCW System, Proceedings of SOFSEM'99, Springer Lecture Notes in Computer Science 1725, p.66-78; 26 novembre 26 – 4 décembre, Milovy (République Tchèque)

[Appelt, 2001] Appelt, W. What Groupware Functionality do Users Really Use ? Proceedings of the 9th Euromicro Workshop on PDP 2001, Mantua, 7-9 février 2001. IEEE Computer Society, Los Alamitos.

[Auvolat et al., 1986] Auvolat, Colombart. Appropriation de l'informatique par l'artisanat du Bâtiment : politiques et acteurs. Plan Construction et Architecture, collection Recherche, janvier 1986.

[Axelrod, 1997] Axelrod R. The Complexity of Cooperation : Agent-Based Models of Competition and Collaboration. Princeton University Press, Princeton, New Jersey, 1997.

[Bentley et al., 1996] Bentey R., Busbach U., Sikkel K. The Architecture of the BSCW Shared Workspace System, Proceedings of the ERCIM workshop on CSCW and the Web, Sankt Augustin, Allemagne, 7-9 février, 1996.

[Boutinet, 1990] Boutinet J.-P. Anthropologie du projet. Paris, Presses Universitaires de France, 1990.

[Brown et al., 1996] Brown A, Rezgui Y., Cooper G., Yip J., Brandon P. Promoting Computer Integrated Construction Through the Use of Distribution Technology. ITCON Vol.1, Electronic Journal of Information Technology in Construction, 1996.

[Chimits et al., 1996] Chimits C., Tapie G. Les effets des nouveaux systèmes de communication sur les métiers de la maîtrise d'oeuvre. Plan Construction et Architecture, recherche n 71, Paris, 1996.

[Cicognani et al., 1997] Cicognani A., Maher M.-L. Models of Collaboration for Designers in a Computer Mediated Environment, Proceedings of the Third International IFIP WG5.2, Workshop on Formal Aspects of Collaborative CAD, pp.99-108, Sydney, Février 1997.

[Cleetus, 1992] Cleetus K.J. Definition of Concurrent Engineering. CERC Technical Report Series, Research Note, CERC-TR-RN-92-003, 1992.

[Cleetus et al., 1992] Cleetus K.J., Reddy R. Concurrent Engineering Transactions. CERC Technical Report Series, Technical Memoranda, CERC-TR-TM-92-002, présenté à CE&Cals '92 Washington Conference and Exposition, Washington , DC, 1-4 juin, 1992.

[Crowston, 1994] Crowston K. A Taxonomy of Organizational Dependencies and Coordination Mechanisms. URL : http://ccs.mit.edu/papers/CCSWP174.html

[Darses et al., 1996] Darses F., Falzon P. La conception collective : une approche de l'ergonomie cognitive, in Coopération et Conception, éditions Octares, sous la direction de Gilbert de Terssac et Erhard Friedberg, Toulouse, 1996.

[Dauguet, 1999] Dauguet B. Architecture, pratiques de projet et nouvelles technologies de l'information et de la communication, Plan Urbanisme, Construction et Architecture, recherche 67, Paris, 1999.

[Davidson et al., 1996] Davidson J., Campbell D. Collaborative Design in Virtual Space : Greenspace II : Shared Environment for Design Review. National Conference Association of Computer Aided Design in Architecture (ACADIA'96). Tucson, 1996.

[Dechaume, 1997] Dechaume A.-F. L'EDI, dans la construction : les pratiques se conjuguent. Plan Cconstruction et Architecture, recherche n 81, 1997.

[Dong at al., 1995] Dong A., Moore F., Woods C., Agogino A. Managing Design Knowledge in Enterprise-Wide CAD, Proceedings of IFIP WG5.2 Second Workshop on Formal Design Methods for CAD, Mexico, 13-16 Juin 1995.

[Dourish, 1992] Dourish P., Belloti V. Awareness and Coordination in Shared Workspaces. Actes de la conférence Computer Supported Collaborative Work (CSCW'92), Toronto, Ontario, ACM Press, 1992.

[Ellis et al., 1988] Ellis C., Gibbs S.-J., Rein G.-L. Design and use of a group editor. Rep STP 263 - 88, MCC Software Technology Program, Austin, Texas.

[Ellis et al. 1994] Ellis, C., Wainer, J. A conceptual model of groupware. In R. Furuta & C. Neuwirth (Eds.) Proceedings of CSCW'94, pp. 79-88. Chapel Hill, NC, Octobre 1994.

[Froese et al, 1999a] Froese T., Yu K.Q.. Industry Foundation Classes Modeling for Estimating and Scheduling, 8th International Conference on Durability of Building, Materials and Components, 30 mai-3 juin 1999, Vancouver, Canada.

[Froese et al., 1999b] Froese T., Fischer M., Grobler F., Ritzenthaler J., Yu K., Sutherland S., Staub S., Akinci B., Akbas R., Koo B., Barron A., Kunz J. Industry Foundation Classes for Project Management – A trial implementation. Electronic Journal for Information Technology in Construction (ITCON), Vol. 4, ed. Bo-Christer Björk, 1999.

[Fruchter, 1993] Fruchter, R., Clayton, M., Krawinkler, H., Kunz, J. and Teicholz, P. Interdisciplinary communication medium for collaborative design. Proceedings of the Third International Conference on AI in Civil Engineering,, pp. 1-28 Edinburgh, 1993.

[Godart et al., 2001] Godart C., Bignon J-.C., Bouthier C., Canalda P., Charoy F., Halin G. ,Malcurat O., Molli P., Perrin O., Saliou H. Asynchronous Coordination of Virtual Teams in Creative Applications (Co-Design or Co-Engineering) Requirements and Design Criteria. Australasian Computer Science Week 2001, Bond University Campus, Gold Coast, Queensland, 29 janvier – 2 février 2001.

[Goody, 1979] Goody J. La raison graphique. Les Éditions de Minuit, Paris, 1979.

[Greenberg et al., 1996] Greenberg S., Gutwin C., Cockburn A. (1996). Using distorsion-oriented displays to support workspace awareness. Technical report, Dept of Computer Science, Université de Calgary, Canada.

[Greenberg et al., 1998] Greenberg S., Roseman M. Using a Room Metaphor to Ease Transitions in Groupware. Research Report 98/611/02, Department of Computer Science, Université de Calgary, Calgary, Alberta, Canada, janvier 1998.

[Grudin, 1994] Grudin J. Groupware and Social Dynamics : Eight Challenges for Developers. Communications of the ACM, 37, 1, 92-105, 1994.

[Gu et al., 1995] Gu P., Chan K. Product Modelling using STEP, in Computer-Aided-Design, Vol 27, pp. 163-179, Éditions Elsevier Sciences, mars 1995.

[Hanser, 2000] Hanser D. Systèmes d'Information et Démarche Qualité dans un Groupement de Maîtrise d'Oeuvre. Travail Personnel de fin d'Études en Architecture, Nancy, France.

[Hanser et al., 2001] Hanser D., Halin G., Bignon J.-C. A Relation-Based Groupware in Heterogeneous Design Teams. Proceedings of the 19th ECAADE conference, Helsinki, Finlande, 29-31 août 2001.

[Hatchuel, 1996] Hatchuel A. Coopération et conception collective. Variété et crises des rapports de prescription in Coopération et Conception, éditions Octares, sous la direction de Gilbert de Terssac et Erhard Friedberg, Toulouse, 1996.

[Hellmuth, 1993] Hellmuth T.W., Barth G., Haban D., Maier M. Concurrent Engineering Enabled by Generic Product Models, Proceedings of International Manufacturing Productivity Symposium, IBM, East Fishkill, USA. Octobre 1993.

[Huang, 1999] Huang J. How Do Distributed Design Organizations Act Together to Create a Meaningful Design ? Towards a Process Model for Design Coordination. Proceedings of the Eighth International Conference on ComputerAided Architectural Design Futures Atlanta, pp. 99-115, 7-8 juin 1999.

[IFC, 1999] IFC Object Model Guide, Specifications Vol.2, Final Release, 1999.

[Jeantet et al., 1996] Jeantet A., Tiger H., Vinck D., Tichkiewitch S. La coordination par les objets dans les équipes intégrées de conception de produit, in Coopération et Conception, éditions Octares, sous la direction de Gilbert de Terssac et Erhard Friedberg, Toulouse, 1996.

[Johansen, 1988] Johansen, R. Groupware : Computer Support for Business Teams. The Free Press, Macmillan Inc., New York, 1988.

[Jung, 1999] Jung T. Co-Conception en Cyberspace, développement et test d'un nouvel outil d'aide à la collaboration dans la conception. Travail Personnel de fin d'Études en Architecture, Nancy, France.

[Line, 1997] Line L. Virtual Engineering Teams : Strategy and Implementation.Electronic Journal for Information Technology in Construction (ITCON), Vol. 2, ed. Bo-Christer Björk, 1997.

[Londono et al., 1992] Londono F., Cleetus K.-J., Nichols D. M., Iyer S., Karandikar H. M., Reddy S. M., Potnis S. M., Massey B., Reddy A., Ganti V. Coordinating a Virtual Team, CERC Technical Report Series, Research Note, CERC-TR-RN-92-005, 1992.

[Luiten et al., 1993] Luiten G., Froese T., Björk B.C., Cooper G., Junge R., Karstila K., Oxman R. An Information Reference Model for Architecture, Engineering, and Construction. Proceedings of the First International Conference on the Management of Information Technology for Construction, pp. 391-406, K. Mathur, M. Betts, and K. Tham, Eds. World Scientific, Singapore, 1993.

[Maher et al., 1996] Maher M.L., Cicognani A. An Experimental Study of Computer-Mediated Collaborative Design, Proceedings of the 5th International Workshops on Enabling Technologies: Infrastructure for Collaborative Enterprises (WET ICE'96), 1996.

[Malone et al., 1993] Malone T., Crowston K., Lee J., Pentland B., Dellarocas C., Wyner G., Quimby J., Osborne C., Bernstein A. Tools for inventing organizations : Toward a handbook of organizational processes. Proceedings of the 2nd IEEE Workshop of Enabling Technologies Infrastructure for Collaborative Enterprises, Morgantown, WV, 20-22 avril 1993.

[Mandviwalla et al., 1994] Mandviwalla, M., Olfman, L. What Do Groups Need? A Proposed Set of Generic Groupware Requirements. ACM Transactions on Computer-Human Interaction, pp. 245-268, 1994.

[Molli et al., 2001] Molli P., Skaf-Molli H., Godart C., Ray P., Shankaran R., Varadharajan V. (2001). Integrating Network Services for Virtual Teams, (pas encore publié)

[Midler, 1996] Midler C. Modèles gestionnaires et régulations économiques de la conception, in Coopération et Conception, éditions Octares, sous la direction de Gilbert de Terssac et Erhard Friedberg, Toulouse, 1996.

[Midler et al., 1996] Midler C., Jouini S. Ingénierie concourante dans le bâtiment : synthèse des travaux du GREMAP (Groupe de Réflexion sur le Management de Projet). Plan Construction et Architecture, Recherche n 75, 230 p., Paris, 1996.

[Nam, 1998] Nam T.-J. An Investigation of Multi-user Design Tools for Collaborative 3-D Modeling, The 1998 ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work (Doctoral Colloquium), Seattle, 14-18 Novembre, 1998.

[PCA57, 1994] Ouvrage collectif. Informatisation et relations d'échanges sur le chantier. Actes de la journée du 16 décembre 1993 au CSTB. PCA n 57, 1994.

[Pierre, 1991] Pierre F. L'informatisation des métiers du chantier dans les entreprises de bâtiment. Plan Construction et Architecture, recherche 12, Paris, 1991.

[Rezgui et al., 1996] Rezgui Y., Debras P. An Integrated Approach for a Model Based Document Production and Management. ITCON Vol. 1, Electronic Journal of Information Technology in Construction, 1996.

[Salvador et al. ,1996] Salvador T., Scholtz J., Larson J. The Denver Model. SIGCHI'95, Vol. 28 No.1, janvier 1996.

[Schliter et al., 1997] Schliter J., Koch M., Burger M. (1997). Workspace Awareness for Distributed Teams. Actes du Workshop Coordination Technology for Collaborative Applications, Singapour, ed. W. Conen, Lecture Notes on Computer Science, Springer.

[Schultz, 1997] Schultz R. (1997). Decision Tracking in AEC Projects. URL : http://www.integrated-aec.com.

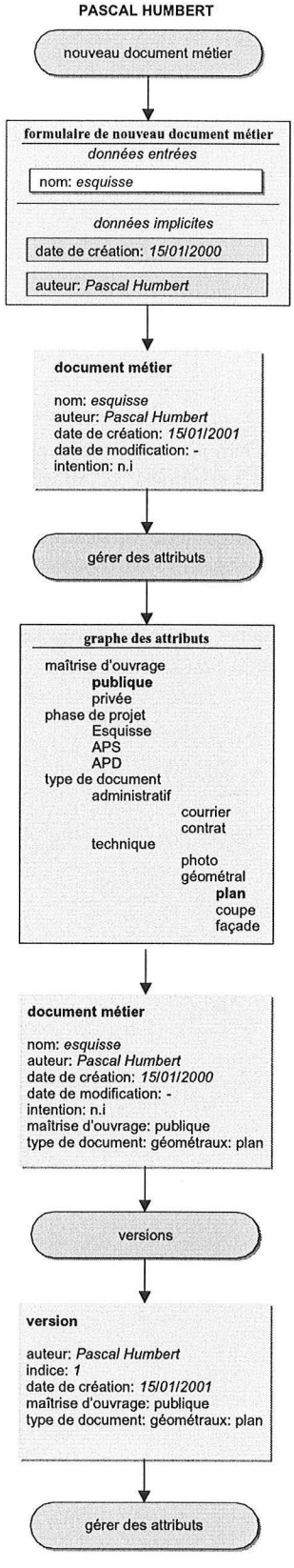
[Sobolewski, 1992] Sobolewski M., Graphical User Interface for Collaborative Work. CERC Technical Report Series, Research Note, CERC-TR-RN-92-002, 1992.

Annexes

Exemple de fonctionnement de l'interface

Les quatre pages qui suivent montrent le détail d'un scénario simple : un premier acteur (Pascal Humbert) crée un document métier (esquisse), lui donne quelques attributs personnels, et attache un fichier à la première version de ce document. Puis, il montre cette version à un deuxième acteur (Gilles Halin). Celui-ci lui donne ses propres attributs, puis il lie le fichier associé. Enfin, il commente cette version et renvoie le commentaire au premier acteur.

Nous décrivons commande après commande le déroulement ce scénario et ce que les utilisateurs peuvent voir sur leur écran (listes, graphes, formulaires). Les deux premières pages concerne le premier acteur ; les deux suivantes concernent le deuxième.



L'acteur Pascal Humbert commence en demandant la création d'un nouveau document métier.

Il remplit le formulaire de création de nouveau document métier. Certains attributs système sont réglés automatiquement.

Le document métier s'affiche avec ses attributs système (auteur, date de création, etc.)

L'acteur décide d'affecter à ce document métier des attributs personnels.

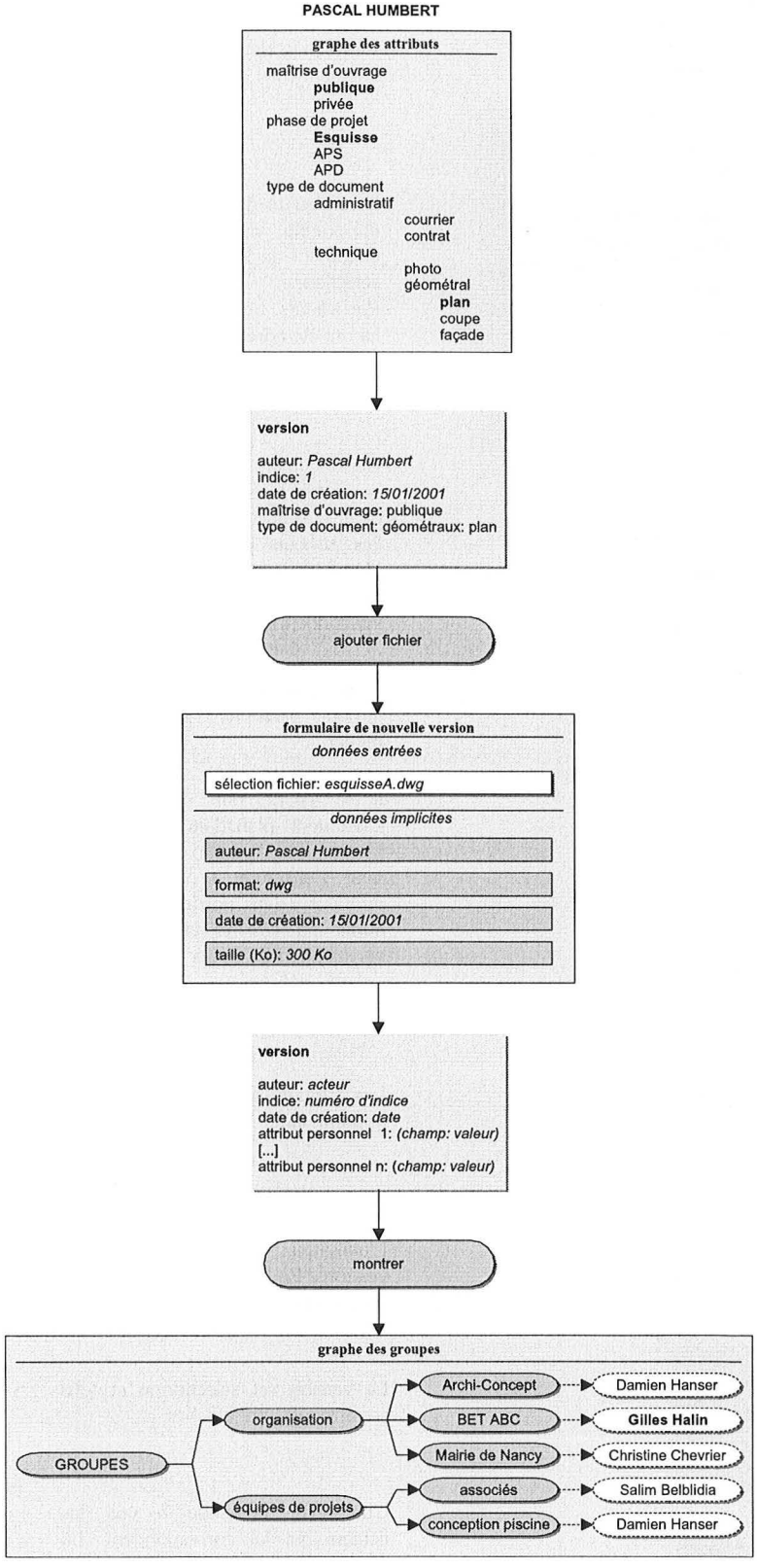
L'acteur choisit parmi les attributs personnels qu'il a créé (précédemment) ceux qui conviennent au document métier « esquisse » (les attributs sélectionnés figurent en gras).
Pour ne pas encombrer davantage le dessin, seuls quelques attributs ont été représentés ; dans la réalité, l'utilisateur se serait constitué beaucoup plus d'attributs personnels.

Le document métier affiche maintenant les attributs personnels à la suite des attributs système.

L'acteur décide de voir les versions du document métier. Étant donné qu'il n'y en a qu'une, cette commande affiche directement cette version sans passer par un graphe des versions.

La version s'affiche avec ses attributs système et les attributs personnels hérités du document métier.

L'utilisateur décide d'ajouter un attribut personnel à cette version



L'utilisateur sélectionne un nouvel attribut de phase (esquisse).

Ce nouvel attribut s'affiche alors. Il appartient à cette version du document et non au document métier associé.

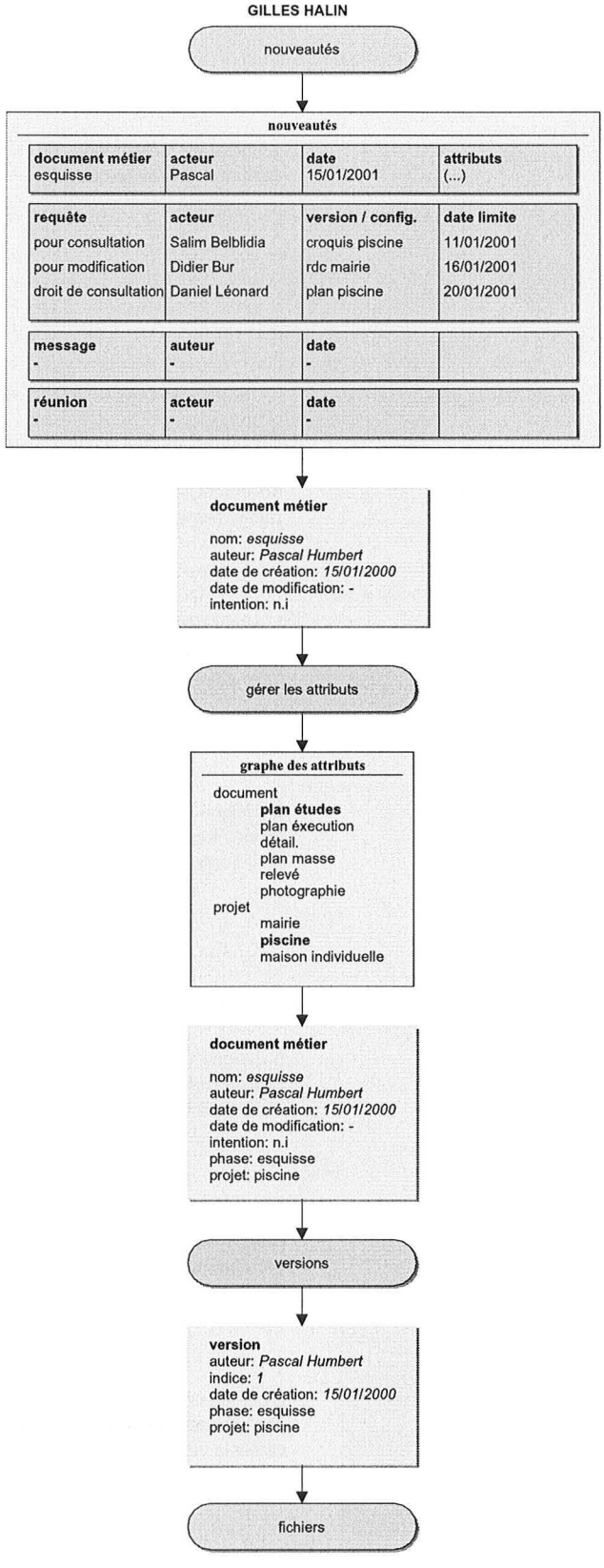
L'acteur décide d'ajouter un fichier à la version sélectionnée.

Il désigne un fichier sur sa machine locale. Les autres attributs système sont implicites.

Il désigne un fichier sur sa machine locale. Les autres attributs système sont implicites.

L'utilisateur veut rendre montrer cette version à un des ses partenaires (Gilles Halin).

L'utilisateur désigne dans le graphe des acteurs celui à qui il veut rendre visible la version.



L'utilisateur Gilles Halin, après s'être mis à jour, demande à voir tous les changements.

Il voit qu'un document métier lui a été rendu visible ; il s'agit du document de Pascal Humbert.. Il le sélectionne.
Par ailleurs, trois nouvelles requêtes lui ont été adressées.

Ce document apparaît alors avec ses attributs système. Remarquons qu'il n'a aucun attribut personnel (les attributs personnels de Pascal Humbert peuvent à ce moment-là lui être montrés à titre d'information sur le document).

L'utilisateur décide de donner des attributs personnels à ce document métier.

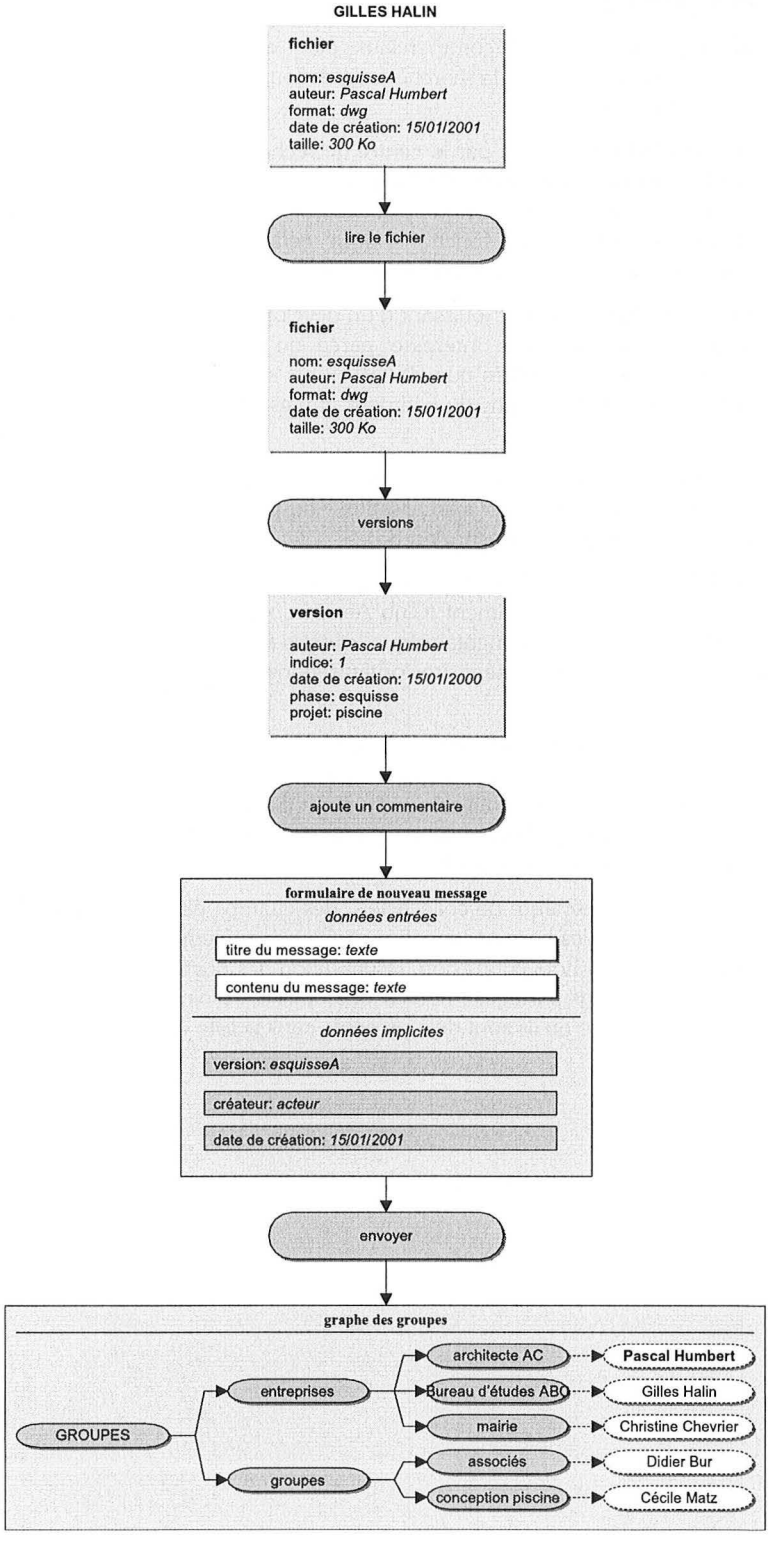
Il le décrit par deux attributs (document: plan d'études et projet: piscine). La gestion des attributs peut s'effectuer à n'importe quel moment ; dans notre exemple, elle aurait pu être effectuée après la consultation du fichier.

Les attributs système et personnels apparaissent.

L'utilisateur demande à voir les versions. En l'occurrence, il n'y en a qu'une et c'est elle qui est appelée.

La version est sélectionné et tous ses attributs sont affichés.

L'utilisateur demande à voir les fichiers qui lui correspondent. Là encore, il n'y en a qu'un.



L'utilisateur voit que ce fichier est au format dwg.

Il charge ce fichier sur sa machine.

Après avoir consulté le fichier, il décide d'en faire un commentaire. Pour cela, il doit revenir vers la version à laquelle est attaché le fichier.

Il appelle alors la commande d'ajout de commentaire.

Un formulaire apparaît dans lequel l'utilisateur donne un titre au commentaire et compose un message. Ce commentaire est directement lié à la version sélectionnée.

Une fois le commentaire écrit, l'utilisateur n'a plus qu'à le transmettre à Pascal Humbert.

Il choisit alors le destinataire de ce commentaire (Pascal Humbert). En réalité, ce destinataire est le seul (pour l'instant) avec qui Gilles Halin partage la visibilité du document. Il est donc le seul à pourvoir recevoir ce commentaire..

Fiches de collecticiels de projet partagé

Dans ces lignes, nous limitons notre étude à quatre collecticiels commerciaux, étant entendu qu'il en existe de nombreux autres et que le nombre de ceux qui apparaissent sur le marché croît de jour en jour. Notre choix est le résultat d'une sélection dont nous donnons ici les motifs :

BSCW 3.4 (Basic Support for Cooperative Work) développé par le centre de recherche GMD-FIT (Institute for Applied Information Technology) de Darmstadt (Allemagne). BSCW (Illustration 81) est un collecticiel qui fait office de repère dans la recherche sur le TCAO ; bien que non spécifiquement destiné à la coopération dans le monde du bâtiment, il intègre de nombreuses fonctions dont certaines d'entre elles sont suffisamment rares (ex. gestion complexe des versions de fichiers) pour justifier de s'y arrêter.

ProjectPoint 2.0 (Buzzsaw). Destiné au monde du bâtiment et jouissant d'un développement très soutenu (en partie par Autodesk), ce collecticiel (Illustration 82) nous intéresse parce qu'il s'adresse à des non-professionnels des NTIC. Plus simple dans ses fonctionnalités que BSCW, il est sans doute plus pertinent que ce dernier au regard des besoins et des capacités des gens du bâtiment. Il n'est disponible qu'en langue anglaise.

WorkPlace (TeamWave). Collecticiel généraliste comme BSCW, son originalité tient à ce qu'il met en œuvre la métaphore de la salle (room). Nous verrons comment cette « spatialisation » du projet partagé permet aux acteurs d'exprimer des comportements sociaux complexes (Illustration 83).

BatiBox (Archilink). Batibox (Illustration 84) est un service français de projets partagés développé à partir de FirstClass (Centrinity). Conçus par des professionnels du bâtiment (Club Archi-Info de Lorraine), il tente de répondre efficacement à leurs attentes. D'un abord plus rudimentaire que les trois autres collecticiels étudiés ici, son intérêt réside dans le fait qu'il s'adresse principalement aux organisations et entreprises de petite taille (peu ou pas d'employés).

Pour analyser ces collecticiels, nous reprenons la grille fonctionnelle de Molli établie précédemment. Nous avons montré avec Grudin qu'il est difficile d'évaluer les collecticiels ; cette grille n'est qu'une première ébauche de réponse à cette difficulté. L'objectif de cette étude comparée est ailleurs ; elle tente d'analyser quatre profils de collecticiels, car ce qui nous intéresse est moins la recherche d'une solution particulière que l'établissement de la performance de types particulier, représenté par ces quatre collecticiels.

Nous avons ajouté à cette grille, destinée à l'analyse généraliste de collecticiels, des champs plus spécifiques au secteur qui nous intéresse. Nous avons repris pour cela les besoins identifiés par le projet DemoWeb, ou plutôt ces besoins tels que nous les avons rationalisés : gestion hors-connexion, visualisation des documents, rapports avec des acteurs externes au collecticiel/service, plannings partagés ; nous avons omis le besoin de « conscience de groupe » et la « gestion automatisée des tâches » parce qu'ils sont déjà présents dans la liste établie par Molli.

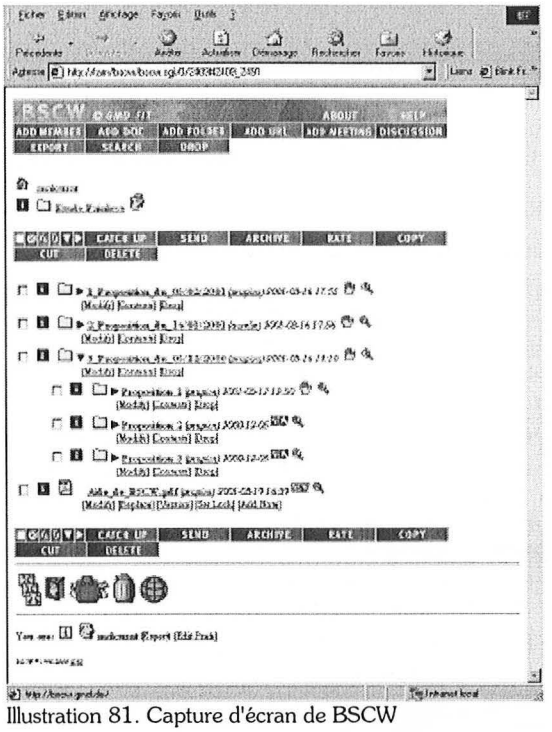


Illustration 81. Capture d'écran de BSCW

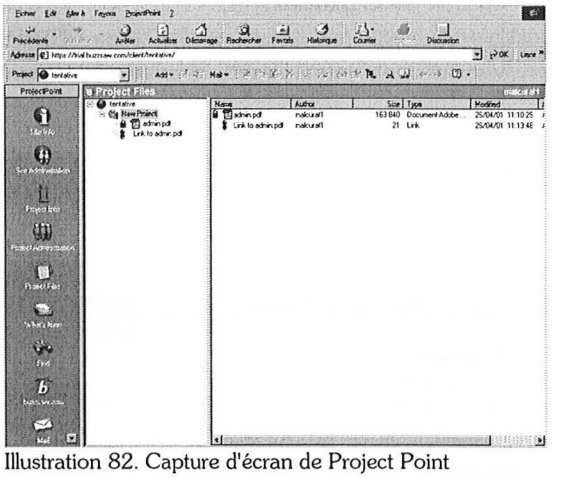


Illustration 82. Capture d'écran de Project Point

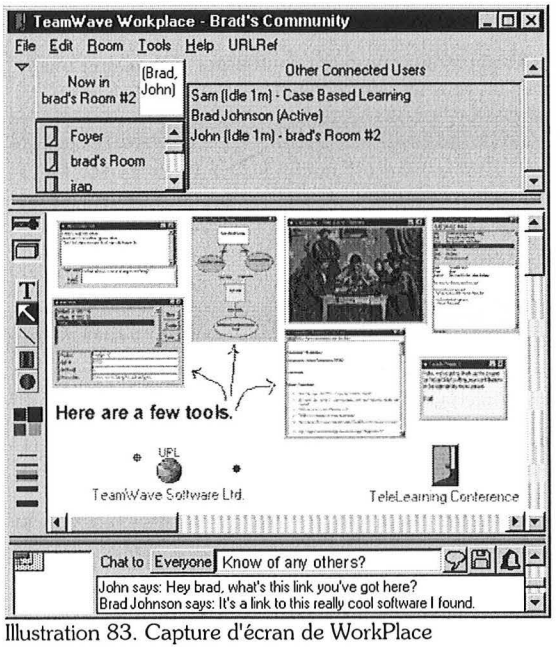


Illustration 83. Capture d'écran de WorkPlace

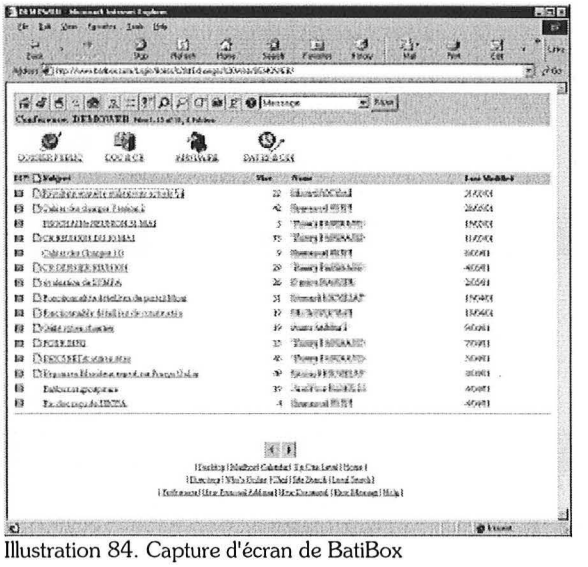


Illustration 84. Capture d'écran de BatiBox

BSCW (GMD-FIT)	
1 : Données partagées	
Objets et dépendances	Organisés hiérarchiquement en répertoires. Fichier (métadonnées : description textuelle, notation, format), fil de discussion libre ou attaché à un fichier particulier, membres authentifiés, date de réunion (date de début et date de fin, lieu de la réunion, forme synchrone ou asynchrone), URL
Contrôle de concurrence	Possibilité facultative de bloquer les modifications sur un fichier (locking)
Versions	Possibilité de « versionner » les fichiers (versionnement linéaire et arborescent) ; gestion automatique et débrayable des indices de versions ; possibilité d'attacher un commentaire textuel à chaque nouvelle version
Contrôle d'accès	Authentification par mot de passe. Droits d'accès sur les répertoires (notions de membres associés à un répertoire) et possibilité de raffiner l'accès sur un fichier particulier. Définition des niveaux d'accès (correspondant à une liste d'actions permises)
2 : Services de communication	
Synchrone	uniquement par adjonction logicielle (extension java)
Asynchrone	directement par fils de discussion ; indirectement par les description de fichiers et les commentaires de versions
3 : Gestion de la coordination	
Manuelle	Par fils de discussion
Semi-automatique	Envoi des dates de réunion par courrier électronique, réponse sur le serveur (présent ou absent)
Automatique	Possibilité de s'abonner aux rapports journaliers des changements intervenus (envoi d'un courrier électronique)
4 : Conscience de groupe	
Conscience de l'espace de travail	Tout changement dans la base est notifié (icône « new » à côté des répertoires et des fichiers modifiés). Cette gestion du changement est sélective et s'opère en fonction de chaque utilisateur (observateur), c'est-à-dire que ce qui est nouveau pour un ne l'est plus forcément pour les autres s'ils ont déjà pris en compte ce changement
5 : Architecture du système	
Environnement d'exécution	Tous.
Client	Navigateur internet (interface html)
Serveur	BSCW n'est pas à proprement parler un service (adresse unique) ; le serveur est disponible (gratuitement pour l'éducation) et doit être installé sur un poste serveur
6. Besoins spécifiques au monde du bâtiment	
Gestion hors-connexion	Obligation de se connecter au serveur
Visualisation des documents	Non prévue ; l'ajout de plug-in au navigateur peut combler ce manque dans une certaine mesure
Rapports avec des acteurs extérieurs	Possibilité de créer des répertoires publics (accès à des personnes anonymes) ; invitation des personnes non enregistrées par courrier électronique
Plannings partagés	aucun

ProjectPoint (Buzzsaw)	
1 : Données partagées	
Objets et dépendances	Notion de projet ; dessin (fichier AutoCad uniquement), document, fil de discussion, URL organisés en répertoires ; structures de répertoires prédéfinies (pour architectes, maître d'ouvrage, etc.) ; notion de membre et de groupe (plusieurs membres) ; fonction de recherche de fichiers
Contrôle de concurrence	Possibilité de verrouillage de documents (le document reste lisible mais on ne peut plus le mettre à jour)
Versions	Gestion des versions par indice ; commentaires associés à chaque version ; conservation des données
Contrôle d'accès	Authentification par mot de passe ; accès anonyme possible ; niveaux de droits prédéfinis (no access, list, view, review edit, admin)
2 : Services de communication	
Synchrone	non
Asynchrone	Gestionnaire de courrier électronique intégré à l'interface
3 : Gestion de la coordination	
Manuelle	-
4 : Conscience de groupe	
Conscience de l'espace de travail	Rubrique « What's New? » qui montre tous les changements opérés depuis la dernière connexion
5 : Architecture du système	
Environnement d'exécution	Uniquement sous Windows (avec Internet Explorer)
Client	En anglais ; exécution dans une fenêtre d'Internet Explorer (fonction glisser-déposer depuis Windows)
Serveur	Service ; le programme serveur n'est pas disponible ; accès à d'autres services (recherche de matériaux, annuaire professionnel, liens internet sur les principaux sites du bâtiment, appels d'offre en ligne, etc.)
6. Besoins spécifiques au monde du bâtiment	
Gestion hors-connexion	non
Visualisation des documents	oui, y compris des dessins AutoCad ; possibilité d'annoter graphiquement ces dessins
Rapports avec des acteurs extérieurs	projet public (accès anonyme) ; procédure d'invitation de membre par courrier électronique
Plannings partagés	non

BatiBox (Archilink)	
1 : Données partagées	
Objets et dépendances	Messages, fichiers attachés aux messages, forums (listes) de discussion,carnet d'adresses,
Contrôle de concurrence	Aucun
Versions	Aucun mécanisme automatique
Contrôle d'accès	Authentification par mot de passe
2 : Services de communication	
Synchrone	Discussion textuelle synchrone
Asynchrone	courrier électronique non-standard
3 : Gestion de la coordination	
Manuelle	agenda partagé ; les tâches décrites dans l'agenda sont privées ou publiques
4 : Conscience de groupe	
Conscience de groupe informelle	présence des membres en ligne
Conscience de l'espace de travail	Historique des messages
5 : Architecture du système	
Environnement d'exécution	Tous (depuis un navigateur seulement)
Client	Navigateur internet ou application cliente pour MacOS ou Windows
Serveur	Service en ligne
6. Besoins spécifiques au monde du bâtiment	
Gestion hors-connexion	Avec l'application cliente seulement
Visualisation des documents	non
Rapports avec des acteurs extérieurs	envoi de messages par courrier électronique
Plannings partagés	oui

WorkPlace (Teamwave)	
1 : Données partagées	
Objets et dépendances	La notion de base est la pièce (room). C'est un espace graphique, qui a la fonction d'un répertoire (conteneurs d'objets) mais qui incorpore une dimension graphique inconnue à ce dernier (on peut écrire et dessiner sur sa surface ; la position des icônes représentant les objets est modifiable). Ainsi, cet espace permet aux utilisateurs d'exprimer de façon graphique et informelle des intentions complexes et des comportements riches de sens. Par exemple, si des icônes sont regroupées dans un « coin » de la pièce, entourées par un trait, et accompagnés du commentaire « pour le maître d'ouvrage », les autres acteurs regarderont les objets selon qu'ils sentent qu'ils peuvent le faire ou non. Le objets sont : carnet d'adresses, calendrier partagé, concept map, base de données (non relationnelle), porte, forums de discussion, post-it, diapositives, « to do list », URL
Contrôle de concurrence	Aucun
Versions	Tous les objets sont versionnables
Contrôle d'accès	Authentification par mot de passe ; deux niveaux de protection des données (auteurs et « tout le monde »)
2 : Services de communication	
Synchrone	Visualisation de texte, tableau blanc partagé, discussion textuelle synchrone
Asynchrone	Les pièces sont persistentes
3 : Gestion de la coordination	
Semi-automatique	Gestion de planification de réunion ; outil de vote
4 : Conscience de groupe	
Conscience de groupe informelle	Liste des personnes présentes en ligne ; visualisation de leur pointeur de souris
Conscience sociale du groupe	Photos des personnes dans la pièce
5 : Architecture du système	
Environnement d'exécution	MacOs, Windows, Linux
Client	Application
Serveur	-
6. Besoins spécifiques au monde du bâtiment	
Gestion hors-connexion	Possible (mode standalone)
Visualisation des documents	Non
Rapports avec des acteurs extérieurs	Pièces « publiques » (accès visiteurs)
Plannings partagés	Oui

Résumé

Le présent mémoire s'inscrit dans un projet de recherche mené au CRAI depuis 1998 intitulé « CoCAO » (Co-Conception Assistée par Ordinateur). Ce projet a pour but d'analyser les pratiques de coopération lors de la conception d'un projet architectural, puis de spécifier et développer un collecticiel à l'usage des acteurs du projet. Cet outil est principalement destiné à les assister dans les activités coopératives de création de documents. Nous pensons que ce type d'outil logiciel doit maintenant profiter à une large communauté de professionnels du bâtiment, pour une utilisation quotidienne et dans le cadre de projets ordinaires.

C'est sur la première partie de ce projet, la spécification d'un outil informatique, que ce mémoire se penche. La première partie informe le lecteur sur le contexte particulier de la production du cadre bâti. La deuxième partie dresse un état de l'art d'abord des modèles de coopération pour les équipes d'ingénierie, puis de l'analyse des collecticiels, et enfin, des collecticiels eux-mêmes. La troisième partie expose les résultats d'une expérimentation menée avec trois étudiants en architecture sur un collecticiel généraliste ; nous en tirons des conséquences concernant les exigences fonctionnelles d'un collecticiel adapté au contexte spécifique de la conception collaborative. La quatrième et dernière partie formalise un modèle d'outil coopératif répondant à ces exigences ; enfin, une simulation de cette outil est donnée prenant appui sur une situation de projet réelle, l'aménagement urbain accompagnant la première ligne de tramway à Nancy (France).

Mot-clés : architecture, BTP, coopération, collaboration, collecticiel.

Abstract

Our work aims to specify and develop a groupware for the professionals in the building trade. Our motivation is the following one: the easyness and cheapness of creating virtual communities thanks to internet technology. Today, actors in the building industry show their wishes to take advantage of this recent opportunity, to improve global quality of design and construction processes, and reduce financial losses caused by communication errors.

The current situation shows a gap between available softwares and professional practices which don't really integrate these new tools. Then, rather than thinking that people don't suit these tools, we think that tools are not suitable for people. We assume that the main reason of this maladjustment is that classic groupwares neglect the complexity of social dimension and focus on technical problems such as distributed data, scalability, need for speed, security. Without denying the importance of these problems, we intentionally emphasize social, economic and cultural dimensions.

Keywords : architecture, AEC, cooperation, collaboration, groupware.

INSTITUT NATIONA
POLYTECHNIQU
DE LORRAIN

AUTORISATION DE SOUTENANCE DE THESE DU DOCTORAT DE L'INSTITUT NATIONAL POLYTECHNIQUE DE LORRAINE

o0o

VU LES RAPPORTS ETABLIS PAR :
Monsieur PENEAU Jean-Pierre, Professeur, CERMA, Nantes
Monsieur HANROT Stéphane, Maître Assistant, GEMAU, Saint-Etienne

Le Président de l'Institut National Polytechnique de Lorraine, autorise :

Monsieur MALCURAT Olivier

à soutenir devant un jury de l'INSTITUT NATIONAL POLYTECHNIQUE DE LORRAINE, une thèse intitulée :

"Modélisation d'un environnement logiciel d'assistance au travail collaboratif dans le secteur de l'architecture et du BTP".

NANCY BRABOI
2, AVENUE DE L
FORET-DE-HAY
BOITE POSTALE
F - 5 4 5 0
VANDŒUVRE CEDE

en vue de l'obtention du titre de :

DOCTEUR DE L'INSTITUT NATIONAL POLYTECHNIQUE DE LORRAINE

Spécialité : « **Architecture** »

Fait à Vandoeuvre, le 29 octobre 2001
Le Président de l'I.N.P.L.,
J. HARDY

INSTITUT NATIONAL POLYTECHNIQUE DE LORRAINE – NANCY –

Pour le Président
Le Vice-Président
J. Cl. BRAUN

TEL. 33/03.83.59.59.5
FAX. 33/03.83.59.59.5

Résumé

Le présent mémoire s'inscrit dans un projet de recherche mené au CRAI depuis 1998 intitulé « CoCAO » (Co-Conception Assistée par Ordinateur). Ce projet a pour but d'analyser les pratiques de coopération lors de la conception d'un projet architectural, puis de spécifier et développer un collecticiel à l'usage des acteurs du projet. Cet outil est principalement destiné à les assister dans les activités coopératives de création de documents. Nous pensons que ce type d'outil logiciel doit maintenant profiter à une large communauté de professionnels du bâtiment, pour une utilisation quotidienne et dans le cadre de projets ordinaires.

C'est sur la première partie de ce projet, la spécification d'un outil informatique, que ce mémoire se penche. La première partie informe le lecteur sur le contexte particulier de la production du cadre bâti. La deuxième partie dresse un état de l'art d'abord des modèles de coopération pour les équipes d'ingénierie, puis de l'analyse des collecticiels, et enfin, des collecticiels eux-mêmes. La troisième partie expose les résultats d'une expérimentation menée avec trois étudiants en architecture sur un collecticiel généraliste ; nous en tirons des conséquences concernant les exigences fonctionnelles d'un collecticiel adapté au contexte spécifique de la conception collaborative. La quatrième et dernière partie formalise un modèle d'outil coopératif répondant à ces exigences ; enfin, une simulation de cette outil est donnée prenant appui sur une situation de projet réelle, l'aménagement urbain accompagnant la première ligne de tramway à Nancy (France).

Mot-clés : architecture, BTP, coopération, collaboration, collecticiel.

Abstract

Our work aims to specify and develop a groupware for the professionals in the building trade. Our motivation is the following one: the easyness and cheapness of creating virtual communities thanks to internet technology. Today, actors in the building industry show their wishes to take advantage of this recent opportunity, to improve global quality of design and construction processes, and reduce financial losses caused by communication errors.

The current situation shows a gap between available softwares and professional practices which don't really integrate these new tools. Then, rather than thinking that people don't suit these tools, we think that tools are not suitable for people. We assume that the main reason of this maladjustment is that classic groupwares neglect the complexity of social dimension and focus on technical problems such as distributed data, scalability, need for speed, security. Without denying the importance of these problems, we intentionally emphasize social, economic and cultural dimensions.

Keywords : architecture, AEC, cooperation, collaboration, groupware.