



HAL
open science

La représentation de la confiance dans l'activité collective Application à la coordination de l'activité de chantier de construction

Annie Guerriero

► **To cite this version:**

Annie Guerriero. La représentation de la confiance dans l'activité collective Application à la coordination de l'activité de chantier de construction. domain_other. Institut National Polytechnique de Lorraine - INPL, 2009. Français. NNT: . tel-00558823

HAL Id: tel-00558823

<https://theses.hal.science/tel-00558823>

Submitted on 24 Jan 2011

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.

Thèse pour l'obtention du titre de

Docteur de l'Institut National Polytechnique de Lorraine
Discipline Sciences de l'Architecture

Par Annie GUERRIERO

La représentation de la confiance dans l'activité collective

Application à la coordination de l'activité
de chantier de construction

Thèse dirigée par M. Gilles HALIN | Soutenance publique le 09 avril 2009

Membres du jury

Rapporteurs	M. Pierre LECLERCQ	Ir Architecte. Docteur en Sciences Appliquées. Professeur. Université de Liège (Belgique).
	M. Yacine REZGUI	Architecte. Professeur en Informatique d'Ingénierie. Université de Cardiff (Grande-Bretagne).
Examineurs	Mme Dominique RIEU	Professeur en Informatique. IUT2. Grenoble (France).
	M. Gilles HALIN	Maître de conférences en Informatique. HDR. Université de Nancy 2 (France). Chercheur au laboratoire MAP-CRAI, Nancy (France).
	M. Jean-Claude BIGNON	Architecte DPLG. Professeur. École Nationale Supérieure d'Architecture de Nancy (France).
	M. Eric DUBOIS	Directeur du CITI. Centre de Recherche Public Henri Tudor, Luxembourg (Luxembourg). Professeur en Informatique. FUNDP, Namur (Belgique).

À Giancarlo et Sylvie Guerriero

Remerciements

Ce travail de thèse conclut une recherche menée durant un peu plus de trois ans au Centre de Recherche en Architecture et Ingénierie (Nancy) en collaboration avec le Centre de Recherche Public Henri Tudor (Luxembourg). Le présent mémoire de thèse fait état de résultats de recherche qui n'auraient pu voir le jour sans la contribution de nombreuses personnes que je tiens à remercier.

Je remercie tout d'abord Monsieur Gilles Halin, Maître de conférences en Informatique à l'Université Nancy 2 et chercheur au CRAI, pour avoir assuré la direction de mon travail de thèse, pour avoir contribué aux décisions majeures, et pour m'avoir donné les moyens d'atteindre mes objectifs de recherche, le tout dans un véritable climat de confiance.

Ensuite, je remercie Monsieur Jean-Claude Bignon, Professeur à l'École d'Architecture de Nancy et Architecte, qui a assuré un suivi régulier de ces travaux et qui, par son regard pragmatique, m'a incitée à mettre régulièrement les résultats de recherche obtenus en perspective avec les pratiques du secteur de la construction.

Je remercie également les rapporteurs de cette thèse pour l'intérêt qu'ils ont porté à ce travail, et pour le soin accordé à la rédaction de leur rapport : Monsieur Pierre Leclercq, Ingénieur Architecte et Professeur à l'Université de Liège (Belgique), ainsi que Monsieur Yacine Rezgui, Architecte et Professeur en Informatique d'Ingénierie à l'Université de Cardiff (Grande-Bretagne).

Je remercie Mme Dominique Rieu, Professeur en Informatique à l'IUT2 de Grenoble pour avoir aimablement accepté de participer au jury de la soutenance.

Je remercie Monsieur Eric Dubois, directeur du CITI (Centre d'Innovation par les Technologies de l'Information) au Centre de Recherche Public Henri Tudor et Professeur en Informatique aux Facultés Universitaires Notre-Dame de la Paix (Namur, Belgique), qui a soutenu mon projet de thèse et a largement contribué au cadre de recherche privilégié au sein du département CITI du CRP Henri Tudor.

J'adresse également mes remerciements aux nombreuses personnes avec qui j'ai pris plaisir à collaborer et à échanger durant ce travail de recherche :

- M. Damien Hanser, Docteur et Architecte, dont les travaux, outre le fait qu'ils ont directement inspiré ma thèse, m'ont grandement donné le goût de la recherche,
- M. Sylvain Kubicki, Docteur et Architecte, pour le temps consacré à l'encadrement de ce travail et pour la richesse des échanges qui ont ponctué ma réflexion,
- M. Marco Dozzi, Professeur à l'Institut de Mathématiques Elie Cartan (Nancy), qui a contribué à la formalisation du modèle mathématique,
- M. Sébastien Beurné, stagiaire en informatique, qui a assuré le développement du prototype Bat'iTrust,
- M. Alain Vagner, Informaticien au Centre de Recherche Public Henri Tudor, qui a assuré la supervision des développements de l'application Bat'iTrust,
- Les nombreux professionnels et chercheurs qui m'ont accordé du temps et ont volontiers participé aux enquêtes et expérimentations et en particulier, les participants aux groupes de travail CRTI-B.

Je remercie Jean-Charles Bernacconi et Anne Rousseau, responsables de l'Unité scientifique ECOMI (Economie de la Connaissance et Management de l'Innovation) au Centre de Recherche Public Henri Tudor pour avoir soutenu ma démarche de recherche, ainsi que les collaborateurs et amis avec qui j'ai pris plaisir à échanger sur mes travaux : Fabrice Absil, Laurent Grein, Salim Gomri, Christelle Mallet, Laurence Johannsen, Philippe Valoggia, etc.

Je remercie les membres du CRAI pour l'accueil amical qu'ils m'ont réservé : Jean-Pierre Perrin, Jérôme Lotz, Vincent Marchal, Pascal Humbert, Annie Bouyer, Christine Chevrier, Didier Bur, Anne Cartelli, etc.

Je remercie le Liasit (Luxembourg International Advanced Studies in Information Technologies) pour avoir fourni un cadre à ce travail de recherche. Je remercie le corps professoral du Liasit, et particulièrement Pr. Thomas Engel, Pr. Christoph Meinel, et Pr. Björn Ottersten pour leur regard pertinent sur le travail de recherche et pour la richesse des échanges générés lors des différents séminaires. Magali Martin, s'est également avérée une interlocutrice privilégiée durant l'ensemble de ce travail ; je ne saurais trop la remercier tant elle a répondu avec réactivité et efficacité à chacune de mes sollicitations administratives.

Je remercie le Ministère de la Culture, de l'Enseignement Supérieur, et de la Recherche ainsi que le Fonds National de la Recherche du Grand-Duché de Luxembourg pour avoir financé cette recherche.

Enfin, je remercie mes proches pour leur soutien sans faille et leurs encouragements durant l'ensemble de la thèse.

Annie Guerriero
Luxembourg, le 01 juin 2009

Sommaire

<u>INTRODUCTION</u>	13
Le contexte de travail	14
La définition de la problématique	15
Plan de la thèse	16
<u>1^{ERE} PARTIE . L'ETUDE DE LA CONFIANCE APPLIQUEE AU DOMAINE DE LA COORDINATION DES CHANTIERS DE CONSTRUCTION</u>	19
<u>CHAPITRE 1. LE CONTEXTE DE LA MISSION DE COORDINATION SUR LES CHANTIERS DE CONSTRUCTION</u>	21
1.1. Les spécificités du secteur de l'Architecture, de l'Ingénierie et de la Construction	22
1.2. La mission du coordinateur-pilote lors de la phase d'exécution des travaux	31
1.3. Le secteur de la construction, un secteur en mutation	40
1.4. Les formes de l'organisation des chantiers de construction et les mécanismes de coordination mis en œuvre	51
1.5. Synthèse	60
<u>CHAPITRE 2. LA CONFIANCE AU CENTRE DES ORGANISATIONS</u>	63
2.1. Une approche théorique de la confiance, revue de la littérature	64
2.2. La confiance et sa génération dans le cadre de l'activité collective liée au chantier	74
2.3. La confiance et le contexte de l'activité collective	82
2.4. De la confiance aux services de confiance	97
2.5. Synthèse	114

<u>2^{EME} PARTIE : L'INSTRUMENTATION DE LA CONFIANCE COMME SUPPORT A LA MISSION DE COORDINATION DE CHANTIER</u>	117
<u>CHAPITRE 3. LA MODELISATION DE LA CONNAISSANCE DU DOMAINE</u>	119
3.1. Le secteur AIC : un initiateur de modèles	120
3.2. L'analyse des outils d'assistance à la coordination du chantier de construction	131
3.3. Synthèse	145
<u>CHAPITRE 4. LA PROPOSITION DE DEUX SERVICES LOGICIELS POUR LA COORDINATION DE L'ACTIVITE DE CONSTRUCTION</u>	147
4.1. Le contexte de l'étude : le projet de recherche Build-IT	148
4.2. CRTI-weB, le service logiciel « Compte-rendu »	148
4.3. CRTI-weB, le service logiciel « Documents »	155
4.4. Synthèse	162
<u>CHAPITRE 5. LA PROPOSITION D'UNE METHODE DE MESURE DE LA CONFIANCE DANS LE BON DEROULEMENT DE L'ACTIVITE</u>	165
5.1. L'étude des aspects et des critères de confiance dans le bon déroulement de l'activité de chantier	166
5.2. La méthode de calcul de la confiance dans le bon déroulement de l'activité	169
5.3. Synthèse	183
<u>CHAPITRE 6. LA PROPOSITION D'UN TABLEAU DE BORD POUR UNE GESTION DE L'ACTIVITE DE CHANTIER PAR LA CONFIANCE</u>	185
6.1. Une approche théorique du tableau de bord	186
6.2. Bat'iTrust, un prototype de tableau de bord pour l'assistance à la coordination centré sur le concept de la confiance	188
6.3. Synthèse	206
<u>CHAPITRE 7. LA VALIDATION DE LA PROPOSITION</u>	209
7.1. Objectifs et méthode d'expérimentation	210
7.2. Les résultats d'expérimentation	213
7.3. L'intégration des premières évolutions dans la version V2.0 de Bat'iTrust	223
7.4. Les limites de la phase d'expérimentation et bilan	224
<u>CONCLUSION</u>	227

La problématique et la méthodologie	227
L'apport de la proposition	228
Les limites et les perspectives de la proposition	230
Conclusion générale	232
<u>ANNEXES</u>	<u>235</u>
<u>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES</u>	<u>257</u>
<u>TABLE DES ILLUSTRATIONS</u>	<u>273</u>

Introduction

La construction d'un bâtiment relève d'une activité collective menée par de nombreux intervenants amenés à collaborer dans une configuration organisationnelle établie pour la durée du projet. Il s'agit par ailleurs d'une activité située et associée à une commande unique. Aussi, l'activité de chantier de construction repose sur un cadre de production particulier où les conditions de travail sont très variables et où nombreux sont les dysfonctionnements qui peuvent entraver son bon déroulement. Nous citerons pour exemple, les dysfonctionnements propres aux mises à jour des documents et à leur circulation parmi les intervenants, à la progression des tâches, à la communication entre les intervenants, ou encore à la mise en œuvre des ouvrages. Aussi, dans un tel contexte, la coordination et le pilotage de l'activité de chantier sont primordiaux afin de garantir la qualité de l'ouvrage bâti, une bonne organisation du projet, ainsi que le respect des délais et du budget initialement prévus.

En outre, la place de la confiance est particulièrement importante dans une activité telle que celle du chantier où l'autonomie et le sens des responsabilités de chacun des intervenants contribuent à assurer la qualité de l'objet produit. La confiance est donc au centre de la coopération, et sans elle, le projet ne pourrait aboutir.

Dans ce travail de thèse, nous posons la question de la place de la confiance dans la coordination et nous envisageons une nouvelle forme de coordination de chantier guidée par la représentation de la confiance. Notre travail s'inscrit dans la lignée des réflexions menées au sein du laboratoire CRAI. Nous suggérons que les outils développés pour le monde industriel ne peuvent être simplement transposés au secteur du bâtiment, tant les deux mondes sont différents. Aussi, nous estimons qu'il nous faut considérer les spécificités du secteur afin de développer des solutions qui lui soient adaptées. Somme toute, une telle approche ne peut contribuer que de manière positive à renforcer l'appropriation des outils et des méthodes par les professionnels du domaine.

Le contexte de travail

Le contexte de travail dont nous avons bénéficié pour mener notre réflexion sur la question de l'assistance à la coordination et au pilotage des chantiers de construction est quelque peu spécifique. Ce travail de thèse a été mené au Centre de Recherche en Architecture et Ingénierie (CRAI - Nancy) sous la direction de M. Gilles Halin, en partenariat avec le Centre de Recherche Public Henri Tudor (Luxembourg).

Il s'inscrit dans la continuité des travaux de recherche doctorale ci-dessous, réalisés précédemment au CRAI sur l'assistance à la coordination :

- Le *travail de thèse d'Olivier Malcurat* (Malcurat 2002) qui se focalise sur la spécification d'un environnement logiciel d'assistance au travail coopératif pour le secteur du bâtiment.
- Le *travail de thèse de Damien Hanser* (Hanser 2003) qui propose un modèle d'auto-coordination en situation de conception. Il aboutit notamment à la définition d'un méta-modèle de coopération centré autour des concepts de « document », d'« acteur » et d'« activité ». Par ailleurs, ce travail mène également à une application dédiée au secteur du bâtiment matérialisée par un prototype de visualisation du contexte de l'activité sous la forme d'un hypermédia adaptatif (Bat'Map).
- Le *travail de thèse de Mohammed Bouattour* (Bouattour 2005) qui suggère d'assister la conception coopérative en se focalisant sur la sémantique de l'ouvrage. Son apport consiste entre autres à l'introduction du concept d'« objet » (de construction) au sein du méta-modèle de coopération. En outre, il aboutit également à l'implémentation d'une nouvelle version de Bat'Map pour laquelle la navigation est organisée principalement autour du concept d'objet (ouvrages du bâtiment).
- Le *travail de thèse de Sylvain Kubicki* (Kubicki 2006a) qui a introduit le concept d'ingénierie coopérative caractérisé par la coordination flexible de l'activité de construction de bâtiments. De cette recherche résulte une infrastructure de modèles pour l'intégration de vues métier, ainsi qu'un prototype (Bat'iViews) consistant en une interface multi-vues de navigation dans le contexte de coopération.

Notre travail se situera directement dans la lignée de cette dernière recherche. Car, outre le fait qu'elle se concentre également sur la phase d'activité de chantier, nous fonderons notre propre proposition sur l'infrastructure de modèles établie, ainsi que sur la réflexion menée dans le cadre du développement du prototype Bat'iViews.

Notre travail de thèse s'intègre également dans le projet de recherche appliquée Build-IT financé par le secteur de la construction luxembourgeois (CRTI-B¹), et réalisé par le Centre de

¹ CRTI-B : Centre de Ressources des Technologies et de l'Innovation pour le Bâtiment. Il s'agit d'une institution luxembourgeoise regroupant tous les corps de métiers représentatifs du secteur de la construction luxembourgeois : maîtres de l'ouvrage, maîtres d'oeuvre (architectes et ingénieurs), entreprises de construction dont l'objectif est de réaliser un système de communication et d'information pour tous les intervenants de l'acte de construire. Pour plus d'informations : <http://www.crtib.lu/>.

Recherche Public Henri Tudor² (Luxembourg). Ce projet a pour objectif de guider le secteur luxembourgeois de la construction vers l'utilisation d'outils informatiques d'assistance à la coopération³. Ce projet, qui a débuté en 2004 pour une durée de cinq ans, s'organise autour de trois axes de recherche définis et structurés selon les besoins des praticiens luxembourgeois (voir section 4.1).

- Le premier axe s'intéresse à la *gestion des comptes-rendus de chantier*. La recherche menée sur cette thématique a contribué à spécifier les données structurantes du document ainsi qu'à proposer et valider un outil d'assistance à la gestion des comptes-rendus (voir section 4.2).
- Le second axe se concentre sur la *gestion des documents dans le cadre de projets de construction*. De cette recherche résulte une identification des bonnes pratiques « métier » relatives aux documents et à leur échange, ainsi qu'un second prototype, une plate-forme d'échange de documents (voir section 4.3).
- Enfin, le dernier axe s'est essentiellement concentré sur des actions de sensibilisation. La maquette numérique reste émergente et ses concepts encore méconnus des professionnels de la construction. Il s'agissait dès lors d'informer les acteurs du secteur de l'intérêt d'introduire cette technologie au sein de leur structure.

En ce qui concerne plus particulièrement les deux premiers axes, la méthode employée pour l'instrumentation des pratiques s'est voulue proche des professionnels. Aussi, les périodes consacrées à la spécification et à l'implémentation des solutions informatiques ont été ponctuées de groupes de travail et d'échanges réguliers avec les praticiens de manière à converger vers des solutions au plus proche de leurs besoins.

Le rapprochement de nos travaux de thèse avec d'une part, les travaux théoriques du CRAI sur l'assistance à la coordination, et d'autre part, les travaux menés dans le cadre du projet Build-IT, plus proches des professionnels et auxquels nous avons directement contribué, a constitué une configuration privilégiée pour notre recherche.

Celle-ci nous a permis d'intégrer nos travaux de recherche personnels dans un cadre théorique stabilisé, tout en menant une réflexion continuellement alimentée par des échanges réguliers avec les professionnels du domaine nous sensibilisant aux problèmes auxquels ces derniers se heurtent dans leur travail au quotidien.

La définition de la problématique

Les particularités de l'activité de production du bâtiment, fortement incertaine par nature, ont conduit le secteur à développer des modes de coordination qui reposent sur un mélange subtil entre explicite et implicite et qui privilégient l'autonomie et le sens des responsabilités de chacun. Un tel contexte se fonde, selon nous, sur la notion de confiance. D'ailleurs, si tel n'était

² <http://www.tudor.lu>

³ <http://www.tudor.lu/cms/henritudor/content.nsf/id/WEBR-7DSGN4?opendocument&language=fr>

pas le cas, la collaboration ne pourrait être envisagée sereinement, nous assisterions à une véritable paralysie des échanges, et probablement à l'échec des projets, tant les dimensions à aborder sont nombreuses, et les responsabilités partagées.

Notre travail de recherche consistera à établir un rapprochement entre la notion de confiance et l'outillage de l'assistance à la coordination des chantiers de construction.

En soi, traiter de la question de l'instrumentation de la confiance n'est pas chose nouvelle. Le domaine du commerce électronique nous propose déjà de nombreuses applications pour lesquelles les informations de confiance garantissent le bon déroulement de l'échange entre l'acheteur et le vendeur (ex. eBay).

Nous suggérons, dans le cadre de ce présent travail, de considérer la place de la confiance dans la coordination de l'activité de chantier et de mener une réflexion en profondeur sur l'intérêt d'une nouvelle approche de la coordination des chantiers guidée par la représentation de la confiance.

Nous décrivons notre problématique de la sorte :

Les spécificités du secteur AIC sont à l'origine des nombreuses incertitudes qui règnent sur l'activité de chantier de construction. Dans un tel contexte, la confiance joue un rôle primordial, car elle possède la capacité de réduire la perception du risque, et de rendre possible l'action dans un environnement incertain (Luhmann 1988).

Aussi, nous formulons l'hypothèse que la représentation de la confiance peut constituer un bon support à la coordination de l'activité de chantier de construction. Notre approche consistera à étendre la notion de la confiance, traditionnellement admise pour qualifier les relations entre personnes et/ou organisations, à l'ensemble des dimensions de l'activité collective. Nous parlerons plus largement de « *confiance dans le bon déroulement de l'activité* ».

Afin d'aborder cette question, ce travail de recherche s'inscrit dans une approche pluridisciplinaire. Il se situe à l'interface entre divers champs d'études tels que la coordination, les sciences humaines, les théories sur la confiance, les sciences de l'organisation, le génie logiciel et les systèmes d'information, et la modélisation. Nous ne prétendons aucunement être expert de tous ces champs. Néanmoins, notre travail de recherche se construit autour de théories et de concepts issus de ce corpus éclectique.

Plan de la thèse

Notre étude se structurera en deux parties principales : la première partie abordera d'un point de vue théorique le domaine d'application et la notion de confiance, la seconde partie, quant à elle, posera la question de l'instrumentation de la confiance pour assister la coordination et le pilotage de l'activité de chantier de construction.

La première partie se concentrera sur « *l'étude de la confiance appliquée au domaine de la coordination des chantiers de construction* ». Elle sera composée des chapitres suivants :

Le **chapitre 1** : « *Le contexte de la mission de coordination sur les chantiers de construction* » (pp. 21-62).

Ce chapitre aura pour objet d'étudier le contexte dans lequel la mission de coordination prend place sur les chantiers de construction. Nous identifierons les spécificités du secteur de l'Architecture, de l'Ingénierie et de la Construction et les particularités de la mission de coordination et de pilotage lors de la phase des travaux. Nous traiterons des transformations actuelles auxquelles doit faire face le secteur. Enfin, nous présenterons les formes organisationnelles et les mécanismes de coordination qui constituent le cadre des activités de construction.

Le **chapitre 2** : « *La confiance au centre des organisations* » (pp. 63-116).

Ce chapitre consistera en un recul théorique sur le concept de confiance. Nous commencerons par une revue de la littérature sur cette thématique. Ensuite, nous considérerons la place que la confiance occupe dans le contexte de l'activité collective. Ce chapitre amorcera également la réflexion sur l'outillage de la confiance et présentera quelques services logiciels mettant en œuvre des concepts relatifs à la confiance.

Au terme de cette première partie, nous aurons appréhendé l'ensemble des concepts nécessaires pour aborder la question de « *L'instrumentation de la confiance comme support à la mission de coordination de chantier* », ce à quoi s'attachera la seconde partie de ce travail de thèse. Elle aura pour objectif de mettre en œuvre une méthodologie en 5 étapes établie d'après (Chang et al. 2006) (voir Figure 1) :

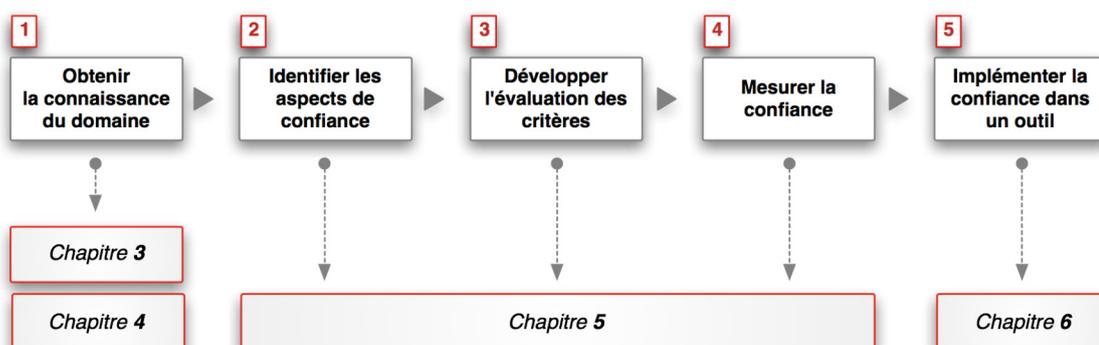


Figure 1. Structuration de la partie 2

Le **chapitre 3** : « *La modélisation de la connaissance du domaine* » (pp. 119-146).

Ce chapitre aura pour objectif d'identifier la connaissance du domaine au sein de laquelle, par la suite, nous pourrions extraire l'information relative à la confiance. Ce chapitre se focalisera sur l'étude des modèles de données et des outils destinés à assurer la coordination de l'activité de construction. Nous verrons que la question de l'interopérabilité des systèmes est centrale dans le secteur de la construction et nous introduirons le modèle du contexte de coopération et une infrastructure conceptuelle et

logicielle sur laquelle reposera notre proposition. Les outils d'assistance à la coordination feront aussi l'objet d'une analyse fine qui aboutira à une double caractérisation fonctionnelle et conceptuelle.

Le **chapitre 4** : « *La proposition de deux services logiciels pour la coordination de l'activité de construction* » (pp. 147-164).

Ce chapitre présentera deux outils d'assistance à la supervision directe développés dans le cadre du projet de recherche luxembourgeois Build-IT. Ces deux prototypes (gestion des comptes-rendus de chantier et gestion des échanges de documents) permettront d'assurer la description du contexte de l'activité collective et de stocker les données au sein d'un système d'information ouvert et interopérable. Cette connaissance constituera un socle effectif que nous pourrons exploiter comme source d'informations sur la confiance.

Le **chapitre 5** : « *La proposition d'une méthode de mesure de la confiance dans le bon déroulement de l'activité* » (pp.165-184).

Ce chapitre exposera notre méthode de mesure de la confiance dans le bon déroulement de l'activité. Nous identifierons les aspects et les critères de confiance dans le bon déroulement de l'activité de chantier. Nous proposerons ensuite un modèle mathématique reposant sur les critères identifiés, et sur la « Confiance Globale » et la « Confiance Spécifique » dans les quatre dimensions de l'activité : la progression de la tâche, l'acteur (chargé de son exécution), l'ouvrage (résultant de la tâche) et le(s) document(s) (nécessaire(s) à son exécution).

Le **chapitre 6** : « *La proposition d'un tableau de bord pour une gestion de l'activité de chantier par la confiance* » (pp. 185-208).

Ce chapitre sera destiné à la présentation de notre proposition d'un tableau de bord pour l'assistance à la coordination par la confiance. Notre prototype Bat'iTrust consistera en une interface multi-vues où la navigation sera guidée par un tableau de bord représentant des indicateurs de confiance dans les tâches de construction du chantier. La combinaison de configurations de vues « métier » spécifiques (progression de la tâche, acteur, ouvrage et document) et des indicateurs de confiance permettra à l'utilisateur d'identifier les problèmes potentiels sur le chantier et d'analyser finement la situation.

Le **chapitre 7** : « *La validation de la proposition* » (pp. 209-226).

Ce chapitre sera consacré à la validation de notre proposition. Nous commencerons par décrire notre protocole expérimental. Ensuite, nous présenterons une analyse des résultats obtenus lors des expérimentations qui ont été menées avec des sujets représentatifs. Compte tenu des limites de notre expérimentation, nous ne tirerons pas de conclusions définitives, mais nous exprimons des tendances majeures ressorties au cours des entretiens.

PARTIE I

Une étude de la confiance appliquée au domaine de la coordination des chantiers de construction

Résumé

Cette première partie de ce travail de thèse est destinée à appréhender le contexte de l'étude et à préciser notre approche de la confiance. Nous commencerons par y décrire les spécificités du secteur du bâtiment, et nous nous concentrerons sur l'activité de chantier sur laquelle portera plus précisément notre travail de recherche. Nous verrons que la nature prototypique de l'objet à bâtir engendre un contexte de l'activité collective incertain par nature, et source de nombreux dysfonctionnements. Aussi, le rôle du coordinateur-pilote apparaît comme essentiel pour remédier aux aléas, assurer le suivi du projet et garantir son bon déroulement. Par ailleurs, nous verrons que la confiance joue un rôle central dans la coordination des acteurs dans un contexte tel que celui d'une opération de construction, où l'autonomie et le sens des responsabilités des intervenants sont les garants de la qualité de la production. Aussi, nous mettrons en évidence l'intérêt d'un rapprochement entre les outils d'assistance à la coordination et la confiance. Nous suggérerons alors une analyse théorique de la notion de confiance qui nous permettra de considérer les concepts sous-jacents et de préciser notre approche. Ensuite, nous qualifierons la relation existant entre cette notion et celle de contexte de l'activité collective. Enfin, nous nous intéresserons à la manière dont la confiance est traduite dans certains services spécifiques à l'e-commerce, mais également au domaine de la construction.

Mots-clés : *Construction, Chantier, Coordination, Confiance, Activité collective, Contexte, Service de confiance*

Abstract

In this first part of this Ph.D. research we introduce the context of the study and we describe our particular approach of trust. We will firstly address the specificities of the Architecture, Engineering and Construction sector and suggest concentrating on building construction activity, which is the main target of our work. We will underline that the prototype character of objects to be built leads to uncertainty in the collective activity context and to numerous dysfunctions. Therefore, the construction management role appears essential to solve problems, and to manage the project and its progress. Moreover we will see that trust plays an essential role in actors' coordination in such cooperative contexts, where autonomy capability and responsibility guarantee the production quality. These first studies will allow us to demonstrate the interest of integrating trust-based approaches in the design of coordination assistance tools. We will then suggest a theoretical analysis of trust in order both to highlight its main concepts and to be more precise on our specific approach. We will particularly insist on the relationship existing between the notion of trust and the context of collective activity. Finally we will describe how trust is applied and used in some particular services related to the e-business domain, and also to the construction domain.

Keywords: *Construction, Building site, Coordination, Trust, Collective activity, Context, Service of trust*

CHAPITRE 1. Le contexte de la mission de coordination sur les chantiers de construction

Dans le secteur de l'Architecture, de l'Ingénierie et de la Construction (AIC), « *chaque opération répond à une demande particulière. La conception du bâti est l'aboutissement d'un travail collectif. La réalisation est marquée par l'intervention de nombreux métiers. Les prix sont arrêtés par contrat avant le début des travaux. Le chantier est un lieu de production forain. Les aléas géologiques, climatiques ou économiques y sont quasi-permanents ; etc.* » (Guffond et al. 2001), p. 199. Ces quelques traits caractérisent très succinctement l'activité de construction d'un bâtiment. Au vu de ces éléments, il nous semble naturel que toute proposition en matière d'assistance à la coordination de chantier prenne en compte ces spécificités. C'est pourquoi nous suggérons dans ce premier chapitre de traiter du contexte dans lequel la coordination de l'activité de construction est menée.

Nous commencerons par détailler les spécificités du secteur AIC en nous focalisant plus particulièrement sur son mode de production spécifique : le chantier. Nous le considérerons non seulement comme le lieu de production d'un bâtiment, mais également comme l'activité de construction elle-même. Par la suite, nous verrons en quoi consiste la mission de coordination durant cette phase. Puis, nous aborderons de nouvelles perspectives pour la coordination du point de vue de la gestion interne (intra-organisationnelle) et du point de vue de la gestion de l'activité coopérative (inter-organisationnelle). Enfin, nous étudierons les formes d'organisation du chantier et les mécanismes utilisés afin d'assurer la coordination des intervenants.

1.1. Les spécificités du secteur de l'Architecture, de l'Ingénierie et de la Construction

Avant de préciser les caractéristiques du contexte d'un projet de bâtiment, il est important de préciser ici ce que nous entendons par la notion de « projet ». Si elle est associée à de nombreuses définitions (voir notamment les travaux de (Malcurat 2002), (Hanser 2003) et (Kubicki 2006a)), nous ne les développerons pas ici et nous nous limiterons à emprunter la définition proposée par Jean-Pierre Boutinet, pour qui le projet consiste en « *une anticipation d'une situation future, sous-tendue par une volonté d'innovation et possédant une vocation d'unicité* » (Boutinet 1990), p. 68. Nous ajouterons également, que si la notion de projet est largement employée pour qualifier l'activité de conception et la démarche conceptuelle, nous la considérerons dans notre travail de manière plus globale, dans le sens du terme « *opération* » couvrant « *l'ensemble du processus qui se déploie de la formulation de la demande de nouveau bâtiment, au démarrage de l'exploitation de celui-ci* » (Jouini et al. 1996) p. 15.

1.1.1. Le secteur AIC et son mode de production particulier

Nous ne pouvons envisager de traiter du domaine AIC sans commencer par déterminer les spécificités de ce secteur de production qui le distinguent fondamentalement de la production de produits manufacturés.

Tout d'abord, s'il est une distinction évidente, c'est bien la nature même du bâtiment : un objet prototype. Le bâtiment est en effet intrinsèquement différent de l'objet industriel produit en série, car il résulte d'une commande unique, établie par le maître de l'ouvrage. En outre, « *au moment où la commande est passée par le client, c'est-à-dire à la signature du marché, le produit n'existe pas, il est encore à concevoir, ce qui crée entre le client et le fournisseur une relation très différente de celle qui existe dans le cas des produits manufacturés* » (Chemillier 2003), p. 20. Le maître de l'ouvrage fournit un programme et des spécifications (qui font l'objet d'ajustements, parfois jusque dans les phases aval de l'opération) auxquels les divers intervenants apportent une réponse en termes d'espaces, de structure, d'équipements, ou encore d'objets bâtis...

Puis, le bâtiment résulte d'une activité collective menée par de nombreux intervenants (voir section 1.1.3.1) intégrés dans une configuration organisationnelle établie contractuellement pour la durée du projet⁴. À chaque opération de construction correspond une équipe de projet spécifiquement établie pour celle-ci. Ensuite, lorsqu'elle arrive à terme, la structure est vouée à disparaître. Au sein de cette organisation, les relations sont complexes et la méconnaissance des acteurs entre eux est une source de **méfiance** (Tahon 1997). De plus, chacun des intervenants dispose d'un point de vue particulier déterminé par son rôle et ses compétences. Mais plus

⁴ La section 1.4 fera l'objet d'une étude approfondie des organisations propres aux projets de construction.

globalement, la configuration est caractérisée par une forte transversalité et une bonne adaptabilité à l'environnement, et favorise l'autonomie et le sens des responsabilités (Bobroff 1994).

Ces dernières années, la complexité grandissante des projets de construction ainsi que la volonté d'accroître la qualité sur les chantiers ont été à l'origine de la création de nouveaux rôles, tels que celui de coordinateur-pilote ou d'économiste de la construction, etc. Toutefois, il est important d'insister sur le fait que :

« *Si la spécialisation est une garantie face au risque, elle augmente en contrepartie les exigences de coordination et de traduction entre les acteurs dont la continuité et l'intercompréhension sont rendues moins évidentes.* » (Godier 2001), p. 70.

Une des principales difficultés liées à la multiplicité des intervenants réside effectivement dans la coordination de leurs activités au fil de l'opération. En outre, la coordination est plus difficile à mener que dans d'autres domaines du fait de la multiplicité des configurations organisationnelles rencontrées.

Ensuite, le secteur de la construction est un « *système très codifié* » qui fait l'objet de nombreuses normes et réglementations visant tant le comportement des acteurs que les techniques de construction (Chemillier 2003).

Parmi les réglementations propres aux acteurs et à leur mission, nous pouvons citer pour exemple la loi qui impose le recours à un architecte dans le cadre de certains projets (Loi sur l'architecture du 3/01/1977), ou encore la loi MOP (loi sur la Maîtrise d'Ouvrage Public)⁵. Nous pouvons également mentionner le code de déontologie des Architectes qui précise les devoirs de l'architecte dans le cadre des missions qui lui sont accordées.

Parmi les normes propres aux techniques de construction, nous pouvons citer l'exemple des réglementations urbanistiques dont le respect est primordial pour l'obtention du permis de construire, ou encore les normes propres aux matériaux et à leur mise en œuvre comme les normes, les DTU⁶ ou les avis techniques.

Toutes ces normes et réglementations constituent des garanties quant au résultat obtenu, mais également des contraintes limitant le champ d'action des différents intervenants.

Enfin, une opération de construction se distingue d'une activité industrielle classique de par son lieu de production : le chantier. La construction d'un bâtiment relève d'un acte situé. Les conditions sont dès lors totalement différentes de celles qui caractérisent les ateliers industriels. Le chantier est en effet soumis à une grande variabilité concernant d'une part, les conditions météorologiques, et d'autre part, les spécificités propres au site même (ex. sa localisation, la nature du sol, la proximité du voisinage...) qui vont influencer fortement l'exécution et la coordination de l'activité de construction du bâtiment. En outre, le chantier ne constitue pas un cadre fixe pour l'activité des différents intervenants qui se verront affecter à un autre site dès leur intervention finalisée. Aussi, il semble très difficile pour ces acteurs d'assimiler des repères stables. Ils doivent donc être dotés d'une réelle capacité à s'adapter à la situation et faire preuve d'autonomie (Chemillier 2003).

⁵ Nous précisons ici qu'il s'agit du contexte législatif français.

⁶ DTU : Dossier Technique Unifié.

1.1.2. Le cycle d'une opération de construction

Nous avons vu qu'une opération de construction désignait un processus qui prenait cours dès la commande du bâtiment formulée par le maître de l'ouvrage, et jusqu'à l'exploitation du bâtiment. Il nous semble toutefois essentiel de préciser l'ensemble des phases constitutives de ce processus.



Figure 2. Le cycle de vie d'une opération de construction

Le cycle de vie d'une opération de construction est caractérisé par cinq phases principales décrites dans la Figure 2 :

- [1] La **phase d'études préalables et de programmation** concerne principalement le maître de l'ouvrage qui doit s'assurer de la faisabilité de son projet, formuler ses intentions, et déterminer l'enveloppe financière affectée. Ces éléments seront déterminants dans le choix du parti architectural.
- [2] La **phase des études** fournit une réponse architecturale au programme. Lors de cette phase, l'équipe de conception commence par réaliser des esquisses. Ensuite, elle réalise un avant-projet sommaire, enfin, elle établit un avant-projet définitif faisant l'objet du dossier de permis de construire qu'elle introduit auprès des autorités compétentes. Sans l'obtention de ce permis, nul projet ne peut être réalisé.
- [3] La **phase de consultation des entreprises** vise l'élaboration du dossier soumis aux entreprises en vue d'établir leur offre, l'analyse des offres réceptionnées et la signature des marchés.
- [4] La **phase d'exécution de l'ouvrage** regroupe toutes les tâches ayant trait au chantier, du début à la fin des travaux. La gestion du chantier relève tant des aspects techniques, qu'administratifs, ou encore financiers...
- [6] La **phase de vie de l'ouvrage** débute à la réception du bâtiment par le maître de l'ouvrage. Elle concerne l'exploitation de l'ouvrage, son entretien et sa maintenance.

Ces différentes phases constituent les jalons d'une opération de construction au terme desquelles les intervenants doivent fournir les éléments indispensables au passage à l'étape suivante. La loi MOP décrit pour chacune d'entre elles les résultats attendus dans le cadre des bâtiments publics (documents à échelle spécifique, etc.). Bien que génériques, ces phases et leur organisation sont à mettre en relation avec la nature du projet et sa complexité.

1.1.3. La problématique du chantier

Nous avons vu que le chantier constitue un cadre particulier de production. Il est soumis à de nombreuses variabilités et constitue, par conséquent, un contexte d'incertitude. C'est pourquoi, dans la suite de ce travail, nous nous focaliserons sur cette phase. En effet, la notion

d'incertitude peut être rapprochée de la notion de **confiance**. Dans un environnement incertain, la confiance peut être considérée comme un dispositif permettant de surmonter le risque (Luhmann 1988). Nous approfondirons cette approche dans la section 2.1.

Nous ajoutons que si l'acception la plus courante du terme « chantier » fait référence au « terrain sur lequel on procède à des travaux de démolition, de réparation ou de construction » (TLFI)⁷, le chantier peut être considéré sous deux aspects : d'une part, le site, le lieu qui accueille l'activité de construction tel que décrit dans la définition ci-dessus, et d'autre part, l'*activité* de construction elle-même. Nous privilégierons dans le cadre de ce travail cette seconde dimension du chantier.

1.1.3.1. Les intervenants dans le cadre d'une activité de construction d'un bâtiment

Les intervenants sur le chantier sont propres à la taille de l'opération. Le triangle classique identifie trois catégories d'acteurs principaux :

- Le **maître de l'ouvrage** est l'initiateur de la commande. Nous distinguerons ici la maîtrise d'ouvrage privée, qui mène à la réalisation de bâtiment à usage privé pour le compte de particulier, et la maîtrise d'ouvrage publique, qui gère les bâtiments publics et qui s'inscrit dans le contexte de la loi MOP. Aussi, la norme NF P 03-001 relative aux marchés privés en propose la définition suivante : « *Personne physique ou morale désignée par ce terme dans les documents du marché et pour le compte de qui les travaux ou ouvrages sont exécutés* »⁸. La loi sur la Maîtrise d'Ouvrage Publique de 1985 définit le maître de l'ouvrage de la manière suivante et précise ses obligations : « *Le maître de l'ouvrage est la personne morale, mentionnée à l'article premier, pour laquelle l'ouvrage est construit. Responsable principal de l'ouvrage, il remplit dans ce rôle une fonction d'intérêt général dont il ne peut se démettre. Il lui appartient, après s'être assuré de la faisabilité et de l'opportunité de l'opération envisagée, d'en déterminer la localisation, d'en définir le programme, d'en arrêter l'enveloppe financière prévisionnelle, d'en assurer le financement, de choisir le processus selon lequel l'ouvrage sera réalisé et de conclure, avec les maîtres d'oeuvre et entrepreneurs qu'il choisit, les contrats ayant pour objet les études et l'exécution des travaux.* »⁹ »
- L'**architecte** est désigné par le maître de l'ouvrage en vue de la réalisation d'un projet architectural. Il est généralement considéré comme l'interlocuteur privilégié du maître de l'ouvrage (tout du moins dans les structures d'acteurs simples) et comme le « chef d'orchestre » de l'ensemble du projet. Le Contrat d'architecte pour travaux neufs le caractérise tel que ci-dessous :

⁷ TLFi : Trésor de la Langue Française Informatisé.

⁸ Cité dans Armand, J., Raffestin, Y., Couffignal, D., Dugaret, B. and Péqueux, G. (2003). "Conduire son chantier, 7^{ème} édition", Ed. Collection Méthodes. Paris, Le Moniteur.

⁹ Article 2 modifié par l'Ordonnance n°2004-566 du 17 juin 2004 - art. 1 JORF 19 juin 2004.

« Le terme "architecte" désigne un architecte, un agrée en architecture ou une société d'architecture, inscrit au tableau de l'Ordre des architectes à qui le maître d'ouvrage confie la mission de maîtrise d'œuvre. » (Cahier des Clauses Générales).

- L'**entreprise de construction** (entreprise générale ou corps d'état indépendant) est chargée de l'exécution des travaux. Elle s'engage vis-à-vis du maître de l'ouvrage à mettre en œuvre tout ce qui est nécessaire au bon déroulement du processus de construction des ouvrages (ressources, matériel et matériaux). Sa mission relève d'une obligation de résultat.

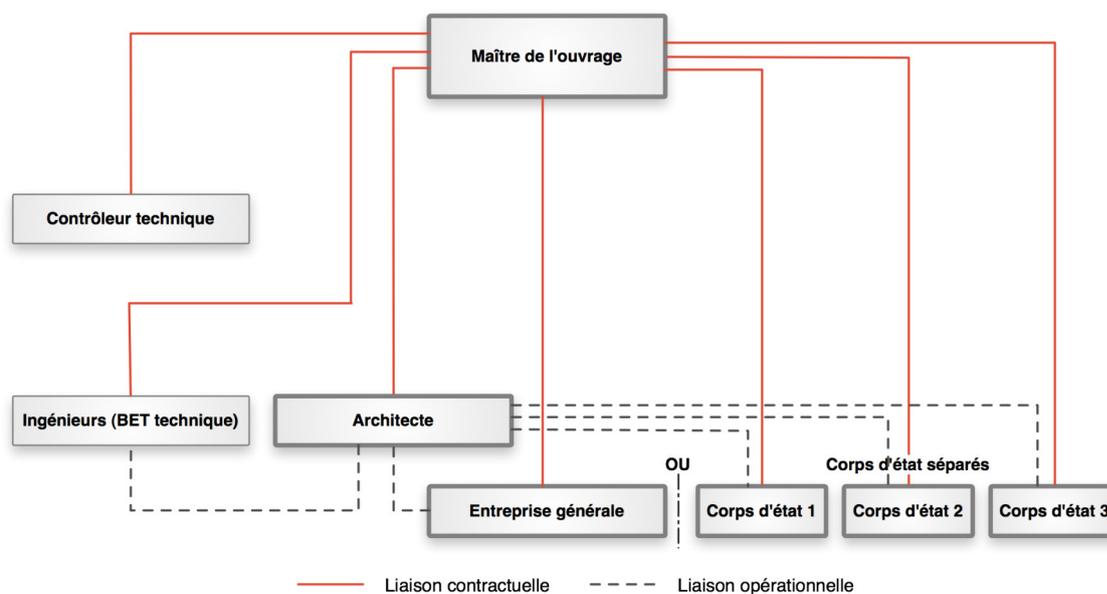


Figure 3. Les intervenants sur un projet de taille moyenne¹⁰

La Figure 3 illustre les intervenants sur les chantiers de taille moyenne, ainsi que les relations entre ces catégories d'acteurs. Nous distinguerons les liaisons contractuelles, qui caractérisent le fait que les intervenants sont précisément liés par un contrat, des liaisons opérationnelles, qui matérialisent les relations nécessaires pour le bon fonctionnement de l'équipe projet. Bien qu'elle ne soit pas représentée ici, nous soulignons qu'*« il ne faut pas oublier la relation humaine, informelle certes, mais qui permet de résoudre bien des problèmes. »* (Armand 2003), p. 73.

Aussi, en plus des catégories identifiées ci-dessus, nous pouvons compléter l'équipe projet d'un chantier de taille moyenne par un contrôleur technique et un bureau d'études techniques :

- Le **contrôleur technique** est une personne physique ou morale agréée qui intervient à la demande du maître de l'ouvrage en vue de fournir un avis le plus généralement en ce qui concerne les aspects techniques du bâtiment (par ex. avis quant à la solidité de l'ouvrage ou encore quant à la sécurité des personnes). Son intervention est destinée à prévenir les aléas susceptibles d'engendrer, à terme, des dysfonctionnements conséquents.

¹⁰ D'après Rammer, Y. (2008). "Project Management & Construction, Point de vue du réalisateur". Notes de cours de Management de bureau et gestion de projets, Ordre des Architectes et des Ingénieurs-Conseils de Luxembourg.

- Le *bureau d'études techniques* intègre des professions de l'ingénierie. Il s'inscrit dans la maîtrise d'œuvre et se consacre aux aspects techniques du bâtiment.

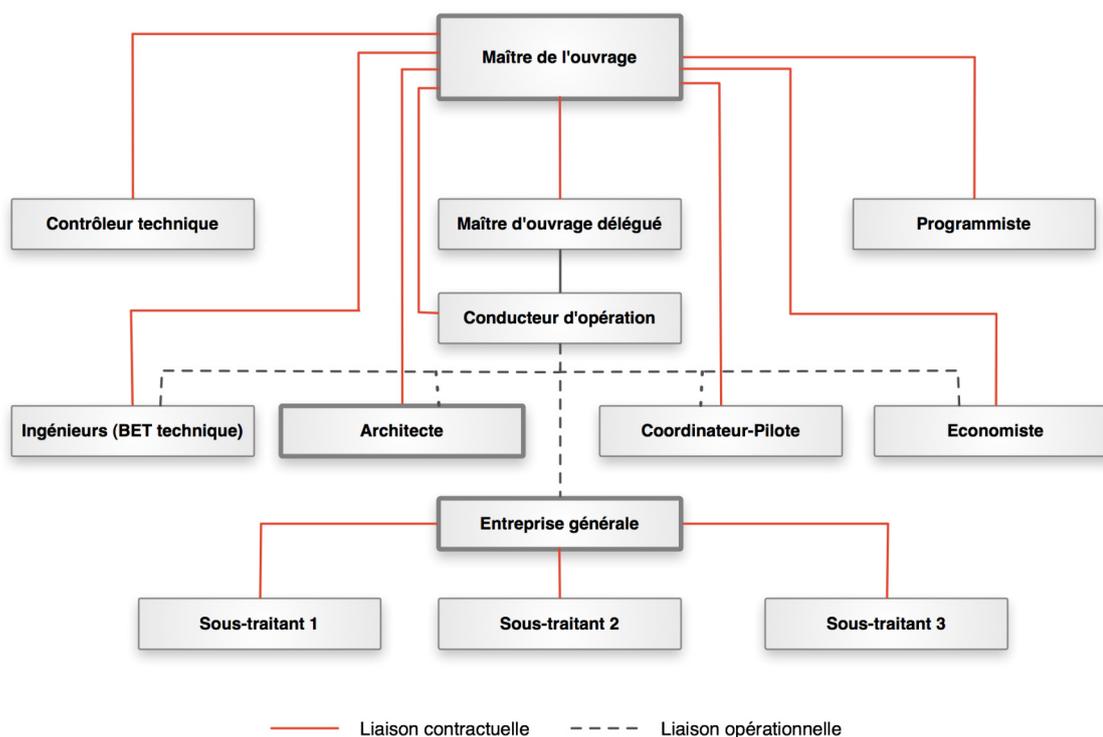


Figure 4. Les intervenants sur un projet d'envergure importante¹¹

Dans le cadre de projet de plus grande envergure, l'équipe-projet peut être étendue par les catégories d'acteurs suivantes (voir Figure 4) :

- Les *partenaires de la maîtrise d'ouvrage* :
 - o Le *maître de l'ouvrage délégué* est mandaté par le maître de l'ouvrage et exerce tout ou partie de ses attributions.
 - o Le *conducteur d'opération* est associé au maître de l'ouvrage pour l'assister dans sa tâche. Il est principalement chargé des aspects techniques, financiers et administratifs du projet.
 - o Le *programmeur* est également associé au maître de l'ouvrage. Sa mission consiste à traduire les besoins du programme en exigences (fonctionnelles, financières...). Ces éléments seront ensuite transmis à la maîtrise d'œuvre en vue d'établir le parti architectural.
- L'*économiste de la construction* est un profil inspiré du modèle anglo-saxon de la construction et du rôle de « quantity surveyor » (Garcia et al. 2003). Il est essentiellement chargé de l'évaluation et de la gestion des coûts du projet.
- Le *coordinateur-pilote* est chargé d'assumer la mission OPC (Ordonnancement-Pilotage-Coordination). Sa fonction est décrite dans la norme NF P 03-001 (article 3.1.4) applicable aux marchés privés de travaux de bâtiment, le coordinateur-pilote y est défini comme toute : « *Personne physique ou morale chargée d'assumer les prestations*

¹¹ D'après Ibid.

d'ordonnancement, de coordination, et de pilotage du chantier : elles portent sur l'analyse des tâches élémentaires de construction, la détermination de leurs enchaînements, l'harmonisation dans le temps et dans l'espace des actions des différents intervenants au stade des travaux et lors des opérations de réception [...] Les tâches de coordination OPC peuvent être assumées par un entrepreneur, par le maître d'œuvre ou par un intervenant extérieur à la maîtrise d'œuvre et à l'entreprise.»¹²

La complexité grandissante des projets de construction ainsi que la volonté croissante de respecter les coûts et les délais préalablement établis en phase amont du projet ont mené à la création de profils de plus en plus spécialisés. La fragmentation du projet en multiple domaines de compétence renforce la nécessité du rôle de synthèse qui intègre les aspects de coordination des tâches et de synthèse des points de vue (Hanrot 2003).

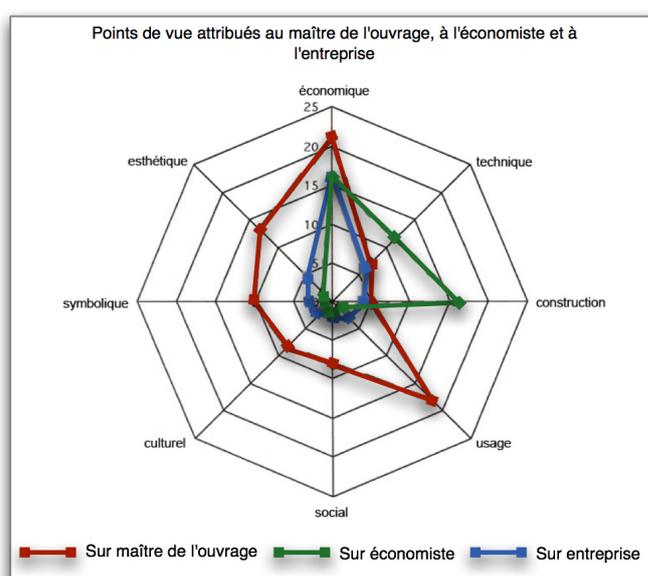


Figure 5. Points de vue attribués au maître de l'ouvrage, à l'économiste et à l'entreprise¹³

L'étude réalisée par Stéphane Hanrot, dans le cadre du programme « Pratiques de projet et ingénieries » développée par le PUCA¹⁴, a été menée en deux temps : la première phase se consacre aux interviews des professionnels et la seconde, à l'analyse de ces interviews par des chercheurs-experts. Les résultats permettent de décrire les points de vue que l'on peut attribuer aux intervenants et mettent en évidence les tendances majeures dans la répartition de domaines de compétence. Aussi, s'intéressant dans un premier temps au maître de l'ouvrage, à l'économiste et à l'entreprise, il ressort les dominantes suivantes (voir Figure 5) :

- Concernant le maître de l'ouvrage, les dimensions économique et d'usage sont prépondérantes.

¹² Norme NF P 03-001, article 3.1.4, cité dans Armand, J., Raffestin, Y., Couffignal, D., Dugaret, B. and Péqueux, G. (2003). "Conduire son chantier, 7^{ème} édition", Ed. Collection Méthodes. Paris, Le Moniteur.

¹³ Illustration issue de Hanrot, S. (2003). "Enjeux pour l'ingénierie de maîtrise d'oeuvre", Ed. Plan Urbanisme Construction Architecture, Pratiques de projet et ingénieries. Paris.

¹⁴ PUCA : Plan Urbanisme Construction et Architecture.

- Pour l'économiste, la tendance dominante relève exclusivement de la dimension économique. Néanmoins, les autres intervenants regrettent souvent qu'il ne considère pas ses estimations dans le contexte plus global de l'opération.
- Les entreprises se voient attribuer trois points de vue primordiaux : l'économie, la technique et la construction. Nous soulignons que l'intégration des entreprises dans les phases amont du projet ouvrirait leur champ. Mais cette perspective (largement développée aux Pays-Bas) fait débat en France, architectes et ingénieurs considérant généralement que les entreprises n'ont pas à interférer avec la maîtrise d'œuvre.

Stéphane Hanrot se focalise dans un second temps sur les points de vue affectés à l'ingénieur et à l'architecte (voir Figure 6). Il résulte de son analyse que :

« les ingénieurs auraient une vision à dominante quantitative et technique alors que les architectes auraient une vision d'ensemble à la fois sur les aspects qualitatifs et quantitatifs » (Hanrot 2003), p. 32.

Par « qualitatif », il entend les points de vue associés à l'esthétique, à l'usage, à la culture, au symbolique et au social. Tandis que les points de vue « quantitatifs » sont ceux qui sont liés à l'économique, à la technique et à la construction.

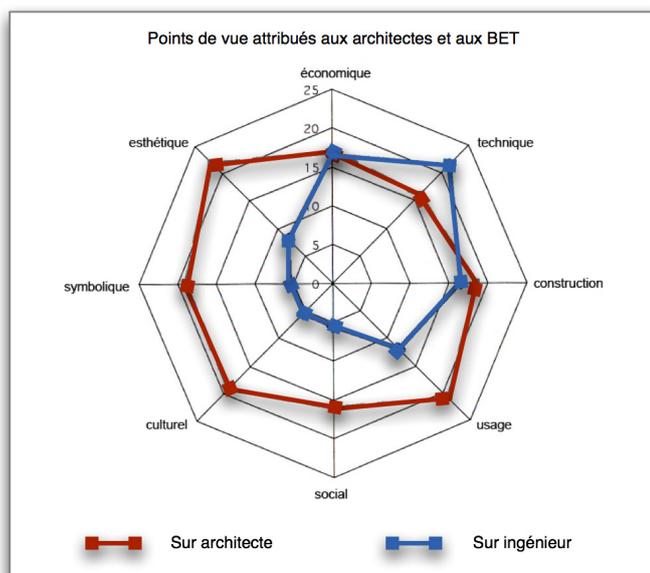


Figure 6. Points de vue attribués à l'architecte et aux BET¹⁵

Si les points de vue sur le projet sont différents en fonction du domaine d'activité de l'intervenant, cette hétérogénéité permet une complémentarité indispensable pour mener à bien l'opération. Dès lors, la coordination apparaît comme une condition primordiale pour assurer le bon déroulement du projet. Cette tâche est souvent affectée à l'architecte pour les petits et les moyens projets. Sa vision d'ensemble lui confère toutes les qualités pour assurer cette tâche au mieux. Pour les projets conséquents, il est plus fréquent qu'un coordinateur-pilote soit chargé de

¹⁵ Illustration issue de Hanrot, S. (2003). "Enjeux pour l'ingénierie de maîtrise d'oeuvre", Ed. Plan Urbanisme Construction Architecture, Pratiques de projet et ingénieries. Paris.

cette mission. Nous nous intéresserons plus en détail dans la section 1.2 à la coordination et au rôle de cet « *acteur pivot* », essentiel dans l'acte de construire.

1.1.3.2. Le chantier de construction, un environnement incertain

Les opérations de construction peuvent être exposées à des événements qui viennent perturber leur bon déroulement. Thérèse Evette et Denis Plais citent pour exemple les incertitudes suivantes : « *de nouvelles réglementations de la construction, des conditions climatiques exceptionnelles ou la faillite d'entreprises contractantes ou bien encore la découverte de problèmes géologiques particuliers* » (Evette et al. 2001), p. 108. Ces éléments sont potentiellement susceptibles d'avoir des incidences négatives sur la progression de l'opération. En outre, les opérations de construction se caractérisent par un mode de production sur site. Et le chantier s'avère être le lieu de nombreuses perturbations. En effet, il s'inscrit en site ouvert contrairement aux ateliers industriels, et nombre d'acteurs y interviennent ponctuellement pour réaliser la tâche qui leur incombe. Un tel contexte est particulièrement propice aux dysfonctionnements. Christian Tahon ((Tahon 1997) d'après (PCA-PIRTTEM 1993)) relève les éléments suivants :

- ***Les dysfonctionnements propres aux documents et à leur circulation***

Il s'agit principalement des problèmes liés à la mauvaise circulation des documents papier, à leurs mises à jour tardives, et à la mauvaise compréhension de ceux-ci, à la difficulté d'assurer une cohérence entre les plans de l'architecte, les plans techniques et les plans d'exécution... Naturellement, les écarts liés aux documents peuvent rapidement mener à une exécution erronée sur chantier et à de nombreuses situations conflictuelles.

- ***Les dysfonctionnements propres aux acteurs observés dans les interactions***

Nous avons vu que l'équipe projet est hétérogène et établie pour la durée du projet. Par conséquent, les acteurs ont rarement eu l'occasion de travailler ensemble auparavant. Ainsi, la méconnaissance des acteurs entre eux mène souvent à la méfiance. De plus, les intervenants se distinguent par leur compétence et leur point de vue sur l'activité de construction. Ils disposent également d'un vocabulaire spécifique au corps de métier auquel ils appartiennent, ce qui n'est pas pour faciliter la communication entre eux.

- ***Les dysfonctionnements propres aux tâches et à leur déroulement***

Le manque de définition des tâches ainsi que les imprécisions quant aux rôles des intervenants constituent des sources importantes de perturbations sur les chantiers. Le manque de définition de la mission de suivi des travaux est également mis en cause. Les aspects propres à la logistique du chantier (approvisionnement des matériaux, stockage sur le chantier...) peuvent mener à des problèmes tels que la dégradation des matériaux lors d'un stockage parfois improvisé. Enfin, les conditions de travail peuvent constituer une source de complications, une lourde concentration d'ouvriers et de matériel sur une même zone du chantier, par exemple, peut conduire à des dégradations des ouvrages finalisés.

- ***Les dysfonctionnements propres aux ouvrages et à leur exécution***

La superposition de tolérances correspondant à l'exécution des ouvrages conduit parfois à l'impossibilité de réaliser un élément de construction tel que prévu initialement. De telles situations mènent à des modifications précipitées des plans d'architecture.

L'apparition de tels dysfonctionnements peut être réduite par une bonne coordination de l'activité de construction. Aussi, le rôle du coordinateur-pilote est de se concentrer sur ces divers aspects en vue d'anticiper et d'éviter les perturbations sur l'activité de chantier, ou tout au moins d'en limiter l'impact.

Nous avons vu que le chantier de construction est caractérisé par de nombreuses incertitudes liées aux particularités du secteur AIC. En outre, nous avons identifié que chacun des intervenants dans l'acte de bâtir dispose d'un point de vue orienté selon ses propres compétences. Bien que ces points de vue soient complémentaires et nécessaires au bon déroulement de l'exécution du bâtiment, ils requièrent une bonne coordination et une bonne synthèse. Aussi, nous soulignons l'importance d'un rôle d'acteur pivot qui serait voué à cette tâche.

1.2. La mission du coordinateur-pilote lors de la phase d'exécution des travaux

La mission du coordinateur-pilote peut être résumée de la manière suivante :

« Coordonner, c'est mettre de l'huile dans les rouages entre les différents intervenants dans l'objectif de respecter le délai global de l'opération » (Debaveye et al. 2005), p. 61.

De manière générale, le rôle du coordinateur-pilote est d'assurer la coordination et le pilotage de l'opération de construction en vue de limiter les perturbations et respecter les objectifs fixés par la maîtrise d'ouvrage en matière de coût, de délai et de qualité.

Le coordinateur devient dès lors un « *acteur pivot* »¹⁶ doté d'une faculté de synthèse des différents points de vue, un acteur incontournable pour assurer le bon déroulement de l'activité de construction.

Dans cette section, nous commencerons par décrire la mission de coordination au sein des secteurs français, luxembourgeois et anglo-saxon de la construction. Nous nous focaliserons sur la phase d'exécution et traiterons brièvement ensuite des divers supports couramment utilisés pour assurer la coordination sur le chantier.

¹⁶ Au sens de Stéphane Hanrot Ibid., Ed.

1.2.1. Étude de la mission de coordination au sein de trois contextes nationaux

1.2.1.1. La mission du coordinateur-pilote dans le contexte français

Au sein du contexte français de la construction, le rôle et la mission du coordinateur-pilote font l'objet d'une description dans la loi sur la Maîtrise d'Ouvrage Publique (Loi MOP) et plus précisément du décret N°93-1268 :

« L'ordonnancement, la coordination et le pilotage du chantier [OPC] ont respectivement pour objet :

D'analyser les tâches élémentaires portant sur les études d'exécution et les travaux, de déterminer leurs enchaînements ainsi que leur chemin critique par des documents graphiques ;

D'harmoniser dans le temps et dans l'espace les actions des différents intervenants au stade des travaux ;

Au stade des travaux et jusqu'à la levée des réserves dans les délais impartis dans le ou les contrats de travaux, de mettre en application les diverses mesures d'organisation arrêtées au titre de l'ordonnancement et de la coordination. » (Source : Décret n° 93-1268 du 29 novembre 1993 relatif aux missions de maîtrise d'œuvre confiées par des maîtres d'ouvrage publics à des prestataires de droit privé, Art. 10).

Lors de la phase d'exécution des travaux qui nous intéressent plus particulièrement dans le cadre de ce travail, la mission du coordinateur consiste à (Debaveye 2005) :

- Etablir le planning détaillé d'exécution, en assurer les mises à jour et la diffusion à tous les intervenants,
- Assurer le suivi des travaux,
- Participer aux réunions de chantier et établir des comptes-rendus,
- Assister la gestion financière de l'opération.

Bien que la loi MOP aborde la coordination et le pilotage en termes de coordination de la phase d'exécution, il est de plus en plus fréquent d'intégrer le coordinateur-pilote dans les phases amont du projet, notamment pour coordonner les échanges de la maîtrise d'œuvre. En outre, cette configuration favorise la perception d'ensemble du coordinateur et contribue à renforcer ses qualités d'acteur pivot.

1.2.1.2. La mission du coordinateur-pilote dans le contexte luxembourgeois

Dans le contexte Luxembourgeois, la mission de coordination incombe traditionnellement à l'architecte qui est souvent décrit comme le chef d'orchestre de l'opération de construction. La mission du coordinateur-pilote fait l'objet d'un contrat standard établi par le CRTI-B¹⁷ au milieu des années 90 pour les opérations de bâtiments publics. Le constat établi à l'époque était le suivant :

¹⁷ Centre de Ressources des Technologies et de l'Innovation pour le Bâtiment : <http://www.crtib.lu>.

« [...] il est bien connu que depuis quelques décennies l'organisation des chantiers s'est profondément transformée: apparition d'équipes pluridisciplinaires, apparition de nouveaux intervenants, avènement de nouveaux produits, importance des opérations réalisées... En même temps la réglementation a fait évoluer tous les domaines: techniques de la construction, règles administratives des marchés, hygiène et sécurité sur les chantiers.

Face à ces contraintes et en recherchant une solution de facilité à leurs problèmes de délais et de budgets les maîtres d'ouvrages ont de plus en plus recours à la forme d'organisation et de gestion par entreprise générale » (Source : Contrat de coordination et de pilotage (CRTI-B, 21 novembre 1996)).

Aussi, cette situation était discriminante pour les petits artisans qui avaient de plus en plus de difficulté à se positionner dans les marchés publics. Le CRTI-B a dès lors décidé de renforcer le rôle du coordinateur-pilote en suggérant qu'une forme organisationnelle en corps de métier séparés à prix global avec l'intervention d'un coordinateur-pilote pouvait mener aux mêmes avantages pour le maître de l'ouvrage qu'une configuration en entreprise générale.

Le contrat de coordination et de pilotage a été établi en 1996. Il décrit précisément la mission du coordinateur-pilote durant les différentes phases du projet (de la préfiguration du projet, jusqu'à la réception, et la clôture du dossier)¹⁸. Son rôle est ici envisagé de manière plus globale, dès les phases amont de l'opération contrairement au texte français de la loi MOP. Le contrat précise la mission :

« La mission du coordonnateur-pilote consiste à organiser, à coordonner et à diriger les activités de tous les intervenants en vue d'optimiser le déroulement opérationnel tant des études et procédures d'autorisation que de la réalisation de l'ouvrage » (Source : Contrat de coordination et de pilotage (CRTI-B, 21 novembre 1996)).

Durant la phase d'exécution des travaux, le contrat précise que le coordinateur-pilote est chargé d'assurer la *direction du déroulement des travaux*. Sa mission durant cette période doit permettre :

- D'assurer la mise à jour permanente du planning détaillé et garantir une cohérence entre le planning des études et le planning d'exécution ;
- De veiller au parfait flux des informations et documenter les transmissions de documents ;
- D'organiser, animer les réunions de coordination de chantier et rédiger les rapports, par ailleurs, assister aux réunions techniques ;
- De veiller au prompt déroulement des opérations de contrôle des factures.

En somme, la mission pour la phase d'exécution est relativement semblable au contexte français, le coordinateur-pilote étant garant des aspects liés à l'administratif, à la planification et au budget. Il nous semble important de préciser ici que dans cette configuration, l'architecte reste garant des aspects liés à la qualité des ouvrages exécutés.

¹⁸ Le contrat-type établi par le CRTI-B est disponible à l'adresse suivante : <http://www.crtib.lu>.

1.2.1.3. La mission du coordinateur-pilote dans le contexte anglo-saxon

Dans le contexte anglo-saxon, les choses sont quelque peu différentes. En effet, en Grande-Bretagne, les projets de construction sont caractérisés par l'intervention du *quantity surveyor*¹⁹. Cet acteur est « *responsable de la gestion et du contrôle d'opérations de construction (bâtiment, génie civil, industrie)* » (Wheatley 1993), p. 84.

Les opérations de construction sont caractérisées par la méthode employée : le « *cost planning* » qui peut être traduite par « *planification des coûts par fonction constructive* »²⁰. Cette méthode préconise une évaluation détaillée de la valeur de chaque élément ou de chaque fonction dans les phases amont du projet. Elle est calquée sur l'estimation des coûts de projets déjà réalisés. Il importe de noter ici que tous les *quantity surveyors* établissent le budget suivant des règles précises et exploitées par tous en vue de l'échange des informations financières du projet. Ainsi, les évaluations financières ultérieures peuvent bénéficier d'une large expérience.

La mission se concentre sur les objectifs suivants (Wheatley 1993; Murdoch et al. 2000) :

- Assurer le « *cost management* » comprenant une planification des coûts dès les phases amont du projet, un contrôle des coûts continus et une analyse des coûts lors du décompte général des travaux.
- Assurer le contrôle des coûts lors de la phase d'exécution avec des comptes-rendus au client,
- Évaluer l'avancement de l'exécution de l'ouvrage en vue de l'établissement des paiements des factures intermédiaires.

En outre, le maître de l'ouvrage aspire à ce que le *quantity surveyor*, de par sa formation, exécute sa mission en toute impartialité sans parti pris ni envers le client, ni envers l'entreprise et ce, dans les phases de consultation autant que lors de l'exécution de l'ouvrage bâti.

Bien que nous puissions entrevoir des similitudes avec la mission du coordinateur-pilote en France et au Luxembourg, cette approche se distingue fondamentalement des deux autres contextes, car elle a tendance à décaler le point de vue directeur sur l'opération, plutôt axée sur les coûts en Grande-Bretagne, et sur la conception en France ou au Luxembourg.

« C'est une méthode efficace en Grande-Bretagne, parce que tous les intervenants ont l'habitude de travailler sur un projet, dirigé par les coûts plutôt que dirigé par la conception. Les architectes, les bureaux d'études, ou les ingénieurs-conseils, acceptent de s'asseoir autour d'une table avec le client et le Quantity Surveyor, afin de mettre en place ce cost plan, un planning des coûts, sorte de calendrier dans le temps, qui est strictement suivi du début à la fin de l'opération. » (Wheatley 1993), p. 93.

Nous retiendrons de l'analyse de la mission de coordination qu'elle se concentre principalement sur trois dimensions du projet de construction :

¹⁹ En français, peut-être rapproché du profil d'économiste de la construction.

²⁰ Traduction issue de Wheatley, G. (1993). "Le management de projet à l'anglaise et ses conséquences de pratique en France". In La gestion de projet dans la construction, Ed. Jacotte Bobroff, Paris, Presses de l'école nationale des Ponts et chaussées, 83-93.,

- La **gestion de l'organisation et de la communication** au sein de l'équipe projet (ex. suivi des échanges de documents, réunion de coordination et diffusion de comptes-rendus...),
- La **gestion des délais** de l'opération et le suivi de son avancement (ex. définition du planning),
- La **gestion des coûts** (ex. suivi financier de l'opération).

Nous préciserons également que « *les tâches de coordination OPC²¹ peuvent être assumées par un entrepreneur, par le maître d'oeuvre, ou par un intervenant extérieur à la maîtrise d'oeuvre et à l'entreprise* » (norme NF P 03-001). Dans la pratique, cette mission est largement prise en charge par l'architecte dont la formation lui permet d'avoir une vision globale de l'opération et de mener à bien la synthèse des points de vue. Toutefois, il est de plus en plus fréquent que cette mission soit menée par un acteur extérieur et spécialisé pour les projets de large envergure.

1.2.2. Les supports courants à la coordination et au pilotage de l'activité de chantier

Nous allons maintenant nous intéresser aux supports couramment utilisés dans l'activité de pilotage de la phase d'exécution. Nous considérons les trois aspects identifiés comme prépondérants dans la mission de coordination : gestion de l'organisation de la communication au sein de l'équipe projet, la gestion des délais et la gestion des coûts.

Le Tableau 1 définit pour chacun de ces aspects les méthodes ou outils facilitant le travail du coordinateur-pilote.

Tableau 1. Méthodes et outils d'assistance à la mission du coordinateur-pilote²²

Mission	Méthode	Outil
Gestion de l'organisation et de la communication du projet	Structuration du projet	Manuel qualité du projet
	Suivi de l'opération	Réunion / rapports
	Gestion des flux d'information	Plate-forme d'échange de documents
Gestion des délais	Planification (Pert, Gantt, Line Of Balance)	Logiciel de planification
	Simulation / Optimisation	Logiciel d'analyse des risques
Gestion des coûts	Gestion budgétaire	Tableur

En vue d'assurer le bon déroulement des échanges d'informations, le coordinateur-pilote exploite les documents suivants :

- Le **manuel qualité** en vue de structurer l'opération et les échanges entre les acteurs (il fera notamment part de la convention de nommage utilisée pour le projet).
« *Le manuel qualité est un document qui réunit les informations suivantes :*

²¹ Pour rappel : Ordonnancement Pilotage Coordination.

²² Tableau établi sur base de l'exposé de HBH S.A. (Société spécialisée dans le pilotage des projets de construction) lors de la rencontre « Améliorer le pilotage des projets de construction : méthodes, outils et perspectives » qui a eu lieu le 04 mars 2008 au Centre de Recherche Public Henri Tudor à Luxembourg.

- *Présentation de l'entreprise ;*
 - *Exposé de la politique de la qualité ;*
 - *Description de l'organisation (organigramme de l'entreprise et description des fonctions) ;*
 - *Description des processus et de leurs relations. » (Chemillier 2003), p. 48.*
- Le **rapport de réunion** en vue de faire état de l'avancement de l'opération.
- Le rapport de réunion est un document essentiel pour assurer la coordination. Il est rédigé systématiquement après chaque réunion²³. Il comprend les informations propres à la réunion (date, lieu, ordre du jour), la liste des présences, les points particuliers abordés lors de la réunion, la description de l'avancement de l'opération et les éventuels écarts par rapport au planning initial, et la liste des documents (liste de transmission, liste des plans).
- Les **plates-formes d'échange de documents** en vue d'assurer la gestion des flux d'information.
- De plus en plus fréquemment, les échanges de documents sont supportés par Internet et des plates-formes dont l'objectif est d'assurer l'échange et la mise à disposition des documents du projet au cours du processus. Ces plates-formes assurent l'échange sécurisé des données et la disponibilité permanente des informations. En outre, elles permettent de tracer l'évolution de l'opération. Nous notons toutefois que l'introduction d'une plate-forme dans les équipes projet nécessite d'établir des règles de collaboration qui sont intégrées dans le manuel qualité (par exemple, les conventions de nommage des plans).

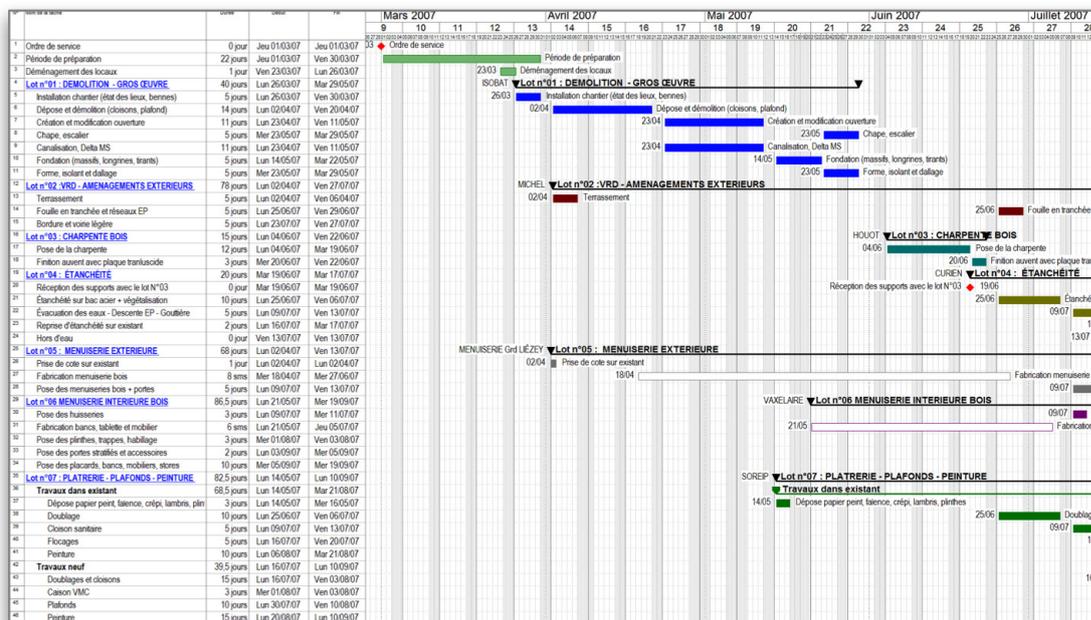


Figure 7. Vue d'un planning de chantier Gantt²⁴

²³ Le coordinateur peut intervenir dans les phases amont du projet, par conséquent, les comptes-rendus de réunion dont il est question ici peuvent être issus de réunion de conception, ou de réunion de coordination en phase d'exécution.

²⁴ Document établi dans le cadre du projet « La maison des Lycéens » à Gérardmer, architecte Haha.

Quant à la gestion des délais, elle est assurée par :

- Le **planning**, établi à partir d'un logiciel de planification, et qui met en œuvre les méthodes Gantt et/ou Pert, ou plus rarement la méthode de LOB (Line Of Balance). L'activité de planification consiste en la détermination de la durée des opérations du projet ainsi que leur organisation dans la durée totale de réalisation (Antill et al. 1990). Le planning est un support essentiel à la coordination, car il permet de gérer un projet dans les délais et le budget impartis, et ainsi d'éviter des conflits (Callahan et al. 1992).
 - o La méthode de **planification Gantt** est très fréquemment utilisée pour assurer la coordination des chantiers. Elle exprime la durée de chaque tâche à partir d'un rectangle plein horizontal et permet d'indiquer son avancement (voir Figure 7). Toutefois, elle présente des limites, notamment pour identifier les tâches critiques²⁵ et apprécier les répercussions du retard d'une tâche sur les tâches ultérieures (Armand 2003).

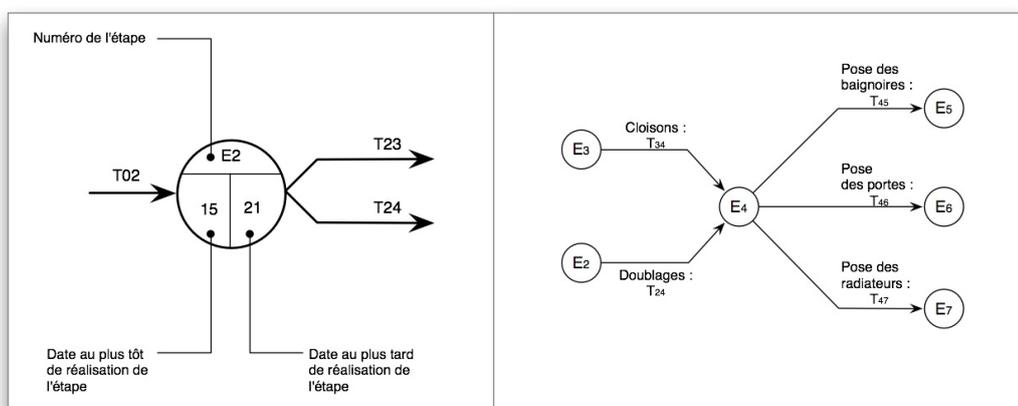


Figure 8. Vue détaillée et vue planning Pert²⁶

- o La méthode de **planification Pert** (Program evaluation and review Technique) ou méthode à chemin critique représente chaque tâche à partir d'un vecteur et les étapes ou évènements à partir de sommets (voir Figure 8). Chaque étape est représentée par un cercle au sein duquel figurent les informations suivantes : le numéro de l'étape, la date de début au plus tôt de réalisation de l'étape et la date de début au plus tard de la réalisation de l'étape. L'ensemble du réseau s'articule de manière à ce que pour chaque tâche considérée, les tâches qui la précèdent doivent être réalisées afin qu'elle puisse débuter. Cette méthode de planification possède l'avantage de mettre aisément en évidence les tâches critiques, et de gérer sans trop de difficulté un grand nombre de tâches reliées entre elles par des contraintes multiples (Armand 2003).

²⁵ Une tâche critique est une tâche pour laquelle le moindre retard signifie le report de la date de fin de l'opération.

²⁶ Illustration issue de Armand, J., Raffestin, Y., Couffignal, D., Dugaret, B. and Péqueux, G. (2003). "Conduire son chantier, 7 ème édition", Ed. Collection Méthodes. Paris, Le Moniteur.

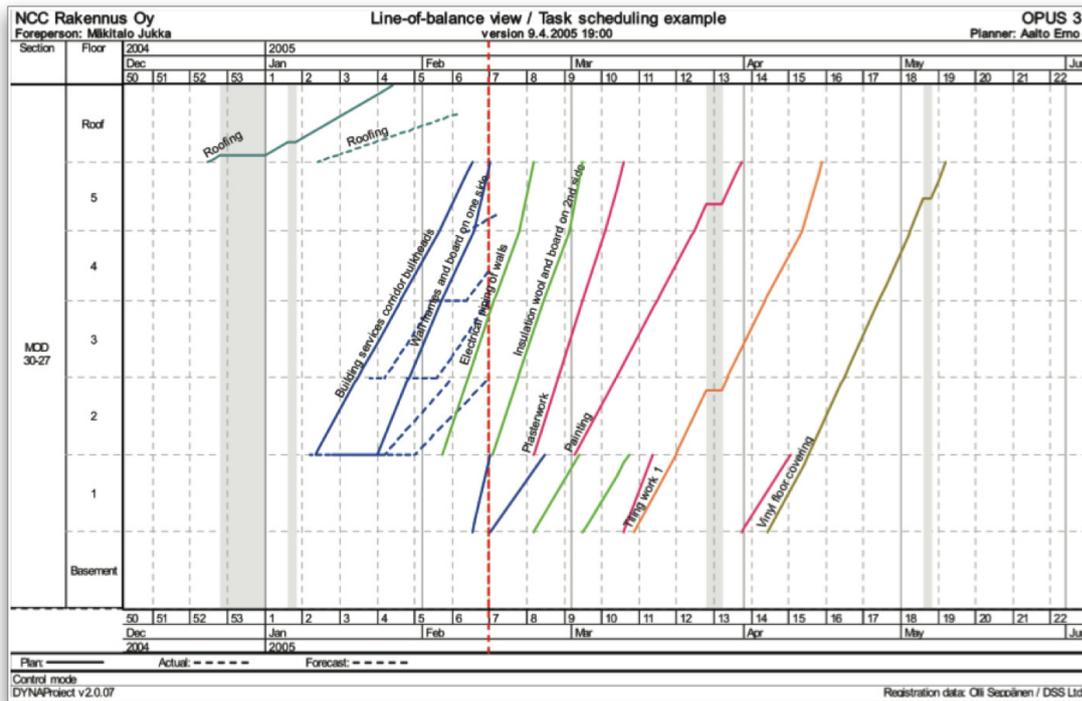


Figure 9. Vue d'un planning LOB²⁷

- La méthode de *Line Of Balance* (LOB) est une technique de planification visuelle et graphique destinée à planifier et organiser les flux de tâches continus en cohérence avec leur localisation (Seppänen 2005). Cette méthode possède un intérêt particulier pour gérer les imbrications entre les activités répétitives et/ou les multiples localisations (Firat et al. 2007). Elle est par conséquent très utile pour gérer des projets tels que les tours, par exemple, où les étages sont identiques et s'empilent progressivement au cours de l'exécution. Il est structuré de la manière suivante (voir Figure 9) : sur l'axe des abscisses, une échelle de temps, et sur l'axe des ordonnées, la localisation physique (par ex. l'étage). Chaque tâche y est représentée par une droite dont l'inclinaison indique la vitesse de progression. Une tâche dont l'inclinaison forme un angle important avec l'axe de temps est une tâche dont l'exécution est rapide, et inversement (Armand 2003).
- La *simulation et l'optimisation* basées sur l'utilisation de logiciel de gestion des risques permettent également d'adapter au mieux les prévisions quant au délai d'exécution des tâches. Ainsi, le coordinateur-pilote emploie des techniques de simulation de risques (par ex. Simulation Monté-Carlo²⁸) pour simuler l'évolution de la construction ou encore simuler l'impact de risques identifiés lors de la phase d'analyse sur l'ensemble du planning (voir notamment les travaux du CSTC (Boone 2007)).

²⁷ Illustration issue de Seppänen, O. and Aalto, E. (2005). "A case study of Line-Of-Balance based schedule planning and control system". Australian Construction Industry Conference, Sydney, Australia.

²⁸ La méthode Monté-Carlo est une méthode mathématique qui permet d'établir une approche statistique du risque.

Enfin, la *gestion des coûts* est traditionnellement établie à partir d'outils de bureautique classique tels que les tableurs et les traitements de texte. Les informations manipulées par le coordinateur à ce titre sont les informations financières du projet. Il s'agit notamment de la détermination du montant de l'acompte mensuel des entreprises de construction en fonction de leur avancement sur le chantier (voir Figure 10).

Centre sportif du Chevret Aménagement d'une salle de sport Marché n°98-12 menuiseries Entreprise Dumollet frères			Marchés à prix forfaitaire Montant : 81 414,40 Avancement mars 99 0,34			
N° Prix	Désignation	Montant du marché	Avanc. précéd.	Avanc. du mois	Montant du mois	
1	portes pf 1/2h a1	2 906,00	30	40	1 162,40	0,4
2	portes pf 1/2h a2	6 504,60	30	40	2 601,84	0,4
3	portes pf 1/2h a3	6 804,60	50	50	3 402,30	0,5
4	portes pf 1/2h a4	4 851,20	42	50	2 425,60	0,5
5	portes type b1	2 962,20	30	50	1 481,10	0,5
6	portes type b2	5 345,20	30	50	2 672,60	0,5
7	portes type b3	2 048,20	30	50	1 024,10	0,5
8	portes alvéol c1	2 093,80	20	30	628,14	0,3
9	portes alvéol c2	890,60	20	30	267,28	0,3
10	portes alvéol c3	10 855,90	20	30	3 256,77	0,3
11	ensemble type em1	10 466,40	34	34	3 558,58	0,34
12	ensemble type em2	7 895,20	35	35	2 763,32	0,35
13	gainés tech 120*204	1 440,00	12	12	172,80	0,12
14	gainés tech 140*204	1 480,00	12	12	177,60	0,12
15	gainés tech 150*204	1 560,00	12	12	187,20	0,12
16	plinthes bois	6 815,50		23	1 567,57	0,23
17	porteurs cloisons	361,00		70	252,70	0,7
18	couvre-joint dilatatic	169,00			0,00	0
19	bandeaux bois	400,00			0,00	0
20	panneaux affichage	760,00			0,00	0
21	supports vestiaires	3 560,00			0,00	0
22	porte pliante 140	1 245,00			0,00	0
Total des travaux effectués					27 601,76	
Etabli par l'entrepreneur à Chevret, le			Vérfié, le maître d'oeuvre le			

Figure 10. Vue de l'état d'avancement des travaux pour un prix forfaitaire²⁹

Nous avons vu que la mission de coordination et de pilotage, bien que caractérisée par des spécificités nationales, se concentre sur trois objectifs principaux : la gestion de l'organisation et la communication au sein de l'équipe projet, la gestion des délais de l'opération et le suivi de son avancement, et la gestion des coûts. Ces divers aspects de la mission sont supportés par des outils logiciels adaptés (ex. plate-forme d'échange de plan, outil de simulation des risques) et des méthodes spécifiques (ex. planification, gestion budgétaire).

²⁹ Illustration issue de Armand, J., Raffestin, Y., Couffignal, D., Dugaret, B. and Péqueux, G. (2003). "Conduire son chantier, 7 ème édition", Ed. Collection Méthodes. Paris, Le Moniteur.

1.3. Le secteur de la construction, un secteur en mutation

« Les pratiques de projet connaissent depuis plusieurs années des transformations importantes qui peuvent être décomposées de la manière suivante :

- nouveaux enjeux (socio-politiques et politico-juridiques) ;
- nouveaux processus de projet et prise en compte de la complexité des temporalités ;
- nouveaux acteurs et nouvelles expertises ;
- nouvelles démarches (programmation, conception, gestion, management...) ;
- nouveaux outils (information, modélisation, simulation, communication...) » (Prost 2005), p. 33.

Ces transformations tentent essentiellement de définir un contexte plus favorable à la coopération entre les intervenants en renforçant la coordination des activités et la gestion des interfaces. Nous avons vu jusqu'à présent que cela passait par le renforcement d'un rôle « pivot » dans l'activité de coordination avec la création de nouveaux profils d'acteur. Nous allons maintenant traiter de ces évolutions sous l'angle d'une part, des pratiques internes (intra-organisme), et d'autre part, de celles liées aux pratiques coopératives (inter-organismes). Par ailleurs, nous soulignerons que la bonne maîtrise de ces deux dimensions est essentielle pour mener à bien une opération de construction.

1.3.1. Les transformations relatives aux pratiques internes

Ces dernières années, l'amélioration de la qualité est devenue une préoccupation centrale et nombreuses sont les entreprises de construction qui se sont d'ores et déjà posé la question de la qualité. Cette démarche est largement motivée par les facteurs de la conjoncture actuelle (Debaveye et al. 1996), p. 15 :

- les exigences de plus en plus précises de la clientèle,
- la nécessité de diminuer les coûts de production,
- la nécessité de réduire les coûts de la non-qualité,
- la volonté de rechercher des avantages concurrentiels par de meilleurs services.

Il nous faut ici préciser le sens que nous accordons au terme de « qualité » et dans quel contexte nous comptons considérer cette notion.

Nous adhérons à la définition de la qualité exposée par la norme ISO 9000 : « ensemble des caractéristiques d'une entité qui lui confère l'aptitude à satisfaire des besoins exprimés ou implicites. ». En outre, les compléments apportés à cette définition dans (Debaveye 1996) nous semblent particulièrement intéressants :

- « L'aptitude d'un produit ou d'un service à satisfaire aux besoins de son utilisateur doit être mesurée en fonction des meilleures conditions de coûts et de délais possibles. »
- « Cette orientation de la notion de qualité sur la satisfaction de l'utilisateur doit s'accompagner d'une recherche de productivité au sein de l'entreprise qui propose le produit ou le service. »

Nous sommes conscient que la question de la qualité de l'objet architectural est une vaste question tant cet objet comporte de dimensions (technique, fonctionnelle, usage...) (Dehan 1999), mais il ne s'agit pas ici de notre propos. Nous suggérons d'aborder la question de la qualité sous l'angle de l'organisation méthodologique de l'entreprise.

Nous traiterons dans cette section de deux signes de qualité pour les acteurs du secteur : la certification du système de management de l'organisme, ainsi que la qualification professionnelle.

1.3.1.1. La certification du système de management

Les pratiques internes des entreprises de construction se sont vues largement influencées par la démarche qualité et nombreuses sont les entreprises du secteur AIC qui s'investissent pour l'obtention de certifications. Les certifications propres au secteur du bâtiment ciblent le système de management (ex. ISO 9001), les services (ex. NF Service dans le cadre de travaux de bâtiment dans les marchés privés) ou encore le management environnemental (ex. ISO 14001). Nous traiterons ici des certifications propres au système de management et plus spécifiquement de la norme ISO 9001³⁰ de plus en plus adoptée par les entreprises du secteur.

Cette certification « *spécifie les exigences relatives à un système de management de la qualité lorsqu'un organisme doit démontrer son aptitude à fournir des produits satisfaisant aux exigences des clients et à la réglementation applicable, et vise à accroître la satisfaction de ses clients.* » (Chemillier 2003), p. 9.

Afin de répondre aux exigences de la norme, l'organisme doit s'atteler aux tâches suivantes :

- « *"identifier les processus nécessaires au système de management de la qualité et leur application dans tout l'organisme", leurs interactions,*
- *"déterminer les critères et les méthodes nécessaires pour assurer l'efficacité du fonctionnement et de la maîtrise de ces processus",*
- *veiller à "la disponibilité des ressources et des informations nécessaires au fonctionnement et à la surveillance de ces processus",*
- *"de surveiller, mesurer et analyser ces processus", d'en assurer l'amélioration continue.* » (source : norme ISO 9001, cité dans (Chemillier 2003)).

Les arguments en faveur de l'adaptation de leur structure à la norme ISO 9001 évoqués par les professionnels de la construction sont les suivants (Eischen 2008) :

- La *transparence* des processus de travail est très appréciable car ils font l'objet d'une documentation précise et constituent une base pour l'optimisation du processus,
- La *réduction des coûts* est une conséquence directe de l'amélioration des processus,

³⁰ Nous notons toutefois qu'il existe d'autres certifications adoptées par le secteur de la construction telles que la certification CoQual (Construction Quality), une initiative de l'organisme belge, le CSTC (Centre Scientifique et Technique de la Construction) visant la qualité au sein des entreprises du secteur de la construction ainsi que des bureaux d'études et d'architecture.

- La *satisfaction des clients* est croissante car la démarche est précisément centrée sur cet aspect. En outre, le traitement systématique des réclamations renforce d'autant plus la satisfaction.
- L'*amélioration continue* est issue de l'analyse des données qui détermine les orientations stratégiques.
- Enfin, l'assurance qualité contribue à renforcer la *confiance* que leur accordent les clients³¹.

1.3.1.2. La qualification professionnelle

Les qualifications professionnelles relèvent également d'un signe de qualité accordé aux acteurs du secteur du bâtiment.

« La qualification professionnelle [...] est le constat par une tierce partie que l'entreprise a la compétence et la capacité en personnel et en équipement pour réaliser les travaux d'une catégorie donnée et, dans cette catégorie, d'un niveau de technicité déterminé, en respectant les règles de l'art et les réglementations applicables et qu'elle l'a prouvé par ses réalisations. » (Chemillier 2003), p. 112.

Tableau 2. Exemples de qualifications pour le secteur AIC³²

Qualification	Entreprises visées	Durée de validité
Qualibat http://www.qualibat.com	Entreprise de travaux du bâtiment. Tous types de travaux depuis la démolition jusqu'à la réhabilitation, tous les corps d'état, sauf l'électricité.	4 ans (suivi annuel)
Opqibi http://www.opqibi.com	Prestataires d'ingénierie (cabinets ou sociétés exerçant des prestations d'ingénierie, d'étude, de programmation, d'assistance à la maîtrise d'ouvrage et d'OPC)	6 ans (sous réserve de 3 contrôles annuels).
Qualifelec http://www.qualifelec.fr	Entreprises d'installation électrique	4 ans (renouvellement administratif simplifié tous les deux ans)
QualiPaysage http://www.qualipaysage.com	Entreprises réalisant les travaux suivants : - Création, Entretien de jardins et d'espaces verts, - Terrains de sport, - Golf, - Routes - Autoroutes et grandes infrastructures, - Végétalisation par projection, - Paysagisme d'intérieur, - Travaux forestiers et de reboisement, - Arrosage intégré.	3 ans (renouvellements annuels et révisions triennales)
Opqtecc http://www.opqtecc.fr	Personnes physiques ou morales exerçant des activités d'économiste, de coordination et de programmation de la construction	3 ans (renouvellements annuels pendant cette période triennale)

³¹ Cet argument ne nous laisse naturellement pas insensible, il sera exploité dans les parties ultérieures de ce travail.

³² Informations issues de Brajeul, S. and Nossent, P. (2005). "Les signes de la qualité dans le bâtiment, Mieux les connaître pour mieux les utiliser : certifications, qualifications, classements..." Ed. Marne-la-Vallée, CSTB.

De telles qualifications ont pour objectif d'une part, d'attester du savoir-faire des entreprises, et d'autre part, de les classer notamment par taille de chiffre d'affaires, d'effectif ou par critère de technicité. En outre, la délivrance de toute qualification professionnelle émane de l'organisme de qualification responsable, elle est fondée sur un ensemble de critères définis dans un référentiel qui appartiennent principalement aux catégories suivantes : « *pérennité et validité juridique de l'entreprise* », « *existence de moyens matériels et de compétences pour la qualification demandée* », et « *existence de réalisations réussies dans les années passées* » (Brajeul 2005).

Aussi, les qualifications sont d'un grand intérêt car elles permettent d'identifier clairement quels sont les domaines de compétences des entreprises et constituent une véritable garantie quant à l'exécution des travaux qui lui sont confiés. De manière générale, elles ont pour objectif de sécuriser le client et ainsi, de constituer une source de **confiance**.

Le Tableau 2 décrit quelques exemples de qualifications professionnelles pour le secteur du bâtiment.

1.3.2. Les transformations relatives aux pratiques collectives

La coopération dans le secteur de la construction s'est vue largement influencée au cours de ces dernières années par des innovations tentant de renforcer l'« *intégration des points de vue* » émanant de l'entreprise étendue avec pour objectif d'accroître la productivité et la qualité de l'ouvrage bâti. Nous estimons que ces innovations font l'objet de deux axes majeurs : d'une part, les pratiques organisationnelles, et d'autre part, les outils logiciels assistant la coopération. Cette section précise ces deux aspects.

1.3.2.1. Les nouvelles formes contractuelles

Ces dernières années, le secteur AIC a dû s'adapter à la conjoncture économique et a, par conséquent, fait preuve d'innovation en matière de formes contractuelles. Ainsi, les formes les plus traditionnelles de la construction, basées sur le triangle classique (maîtrise d'ouvrage, maîtrise d'œuvre et entreprises de construction), ont fait place à des configurations nouvelles en vue d'optimiser le service rendu au client.

- **La « conception-construction » (*design & build*)**

Le manque d'intégration entre l'ensemble des phases du cycle de vie du bâtiment est souvent énoncé pour justifier la « faible » productivité dans l'industrie de la construction (Bennet 2003). Par ailleurs, la configuration tripartite traditionnelle reposant sur le maître de l'ouvrage, l'architecte et l'entreprise de construction constitue sans doute la principale source de « scission » entre les phases de conception et de réalisation de l'opération. Aussi, les contrats de « conception-construction » (voir Figure 11) tentent d'offrir une solution à ce problème en vue d'améliorer la productivité générale.

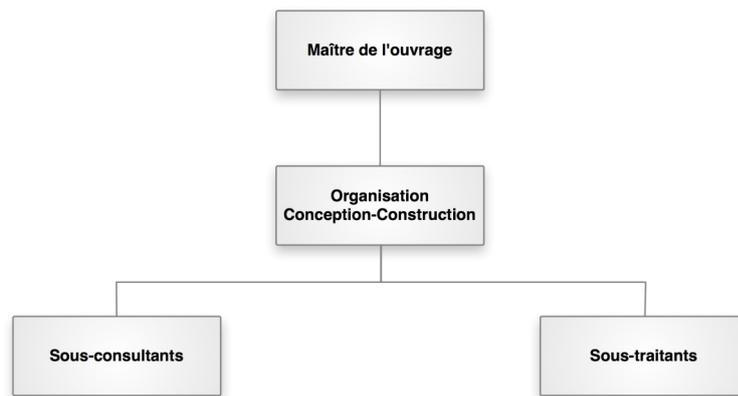


Figure 11. Contrat « conception-construction »³³

« Avec la formule Design & Build, le maître d'ouvrage passe un contrat pour l'établissement du projet et la réalisation de l'ouvrage. Ceci s'effectue sur la base de spécifications fonctionnelles, éventuellement sur la base d'un avant-projet. L'entrepreneur avec lequel le maître d'ouvrage conclut le marché devient envers lui "fournisseur". Envers les autres parties dans le projet, il prend le rôle de maître d'ouvrage. Autant pour la conception que pour la réalisation, il utilise ses propres ressources, éventuellement complétées par des bureaux d'étude externes et/ou d'autres entrepreneurs. » (Osborne 2005), p. 17.

The Design-Build Institute of America³⁴ identifie les avantages et les inconvénients d'un tel contrat (DBIA 1994), cité dans (Bennet 2003).

- Parmi les **avantages**, il met en évidence les éléments suivants :
 - Une seule entité est responsable à la fois de la qualité, du coût et des délais de l'opération.
 - La lourde responsabilité émanant de ce type de contrat implique une réelle motivation d'atteindre de bons résultats en termes de qualité et de performance.
 - Les coûts sont réduits, car l'entité avec laquelle le maître de l'ouvrage a contracté est capable d'identifier précisément et efficacement les méthodes et les matériaux alternatifs.
 - Les délais sont potentiellement réduits, car les phases de conception et de construction peuvent se recouvrir en partie, et la phase de consultation des entreprises est éliminée du processus.
 - Les charges administratives sont réduites pour le maître de l'ouvrage, car l'entité est autonome pour la coordination des phases de conception et d'exécution de l'ouvrage.
 - Les informations relatives aux coûts sont connues dès les phases amont de l'opération, dès lors, l'exposition à une montée des prix est largement réduite.
 - La structure de conception-construction gère la plupart des risques pour lesquels le maître de l'ouvrage est responsable dans une forme de contrat classique.

³³ Illustration issue et traduite de Bennet, F. L. (2003). "The management of construction, A project life cycle approach", Ed. Oxford, Butterworth-Heinemann.

³⁴ <http://www.dbia.org/>

- Les critères d'attribution peuvent être pondérés par le client qui peut, par exemple, choisir de privilégier la qualité de la conception, l'efficacité fonctionnelle, l'expérience de l'équipe, ou encore le coût le plus faible.
- Parmi les **inconvenients**, il relève les aspects suivants :
 - Sans une claire définition des besoins du client, la structure de conception-construction a des difficultés à cerner le champ de compétences requis pour contracter avec le client.
 - La difficulté réside dans le fait de définir un prix avant la finalisation de la phase de conception.
 - La phase de soumission est généralement coûteuse et les clients doivent s'attendre à payer pour les efforts réalisés par les structures de conception-construction pour établir leur dossier comprenant en général les premiers travaux de conception.
 - Les délais de soumission sont généralement courts et les équipes de conception, entre autres, sont particulièrement exposées à la pression.
 - Potentiellement, ce type de contrat peut mener à une faible qualité du résultat obtenu car les concepteurs et les entreprises de construction sont intégrés à la même structure et dès lors, les concepteurs ne représentent pas de manière directe les intérêts du client.
 - On peut également constater moins de contrôle dans la sélection des sous-traitants et des consultants.
 - De manière générale, le maître de l'ouvrage exerce moins de contrôle sur les phases de définition et d'exécution des projets que dans les formes classiques.

- **La promotion et les contrats « clés en main »**

La promotion est d'une nature relativement semblable à la forme « conception-construction ». La promotion et les contrats de type « clés en main » engagent le promoteur dans une responsabilité pour l'entièreté du projet (voir Figure 12).

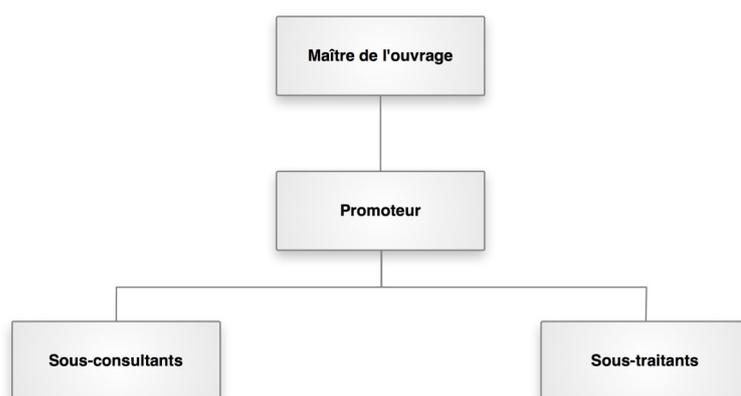


Figure 12. Contrat « Promotion - clé en main »

« Il apporte une simplification des démarches qui seront accomplies par un professionnel capable de fournir « un produit fini ». Il offre une garantie de programme, de prix et de délai. En ce sens, il fournit un résultat auquel il s'engage par avance puisqu'il doit délivrer la chose promise dans le délai convenu et au prix fixé. » (Vergauwe 1991), p. 7.

Nous constatons que ce type de contrat étend le champ d'intervention du promoteur par rapport à un contrat de conception-construction « classique » et inclut des services tels que le financement du projet, l'acquisition d'un terrain, etc. (Bennet 2003).

Le profil du promoteur se caractérise par les éléments suivants (Vergauwe 1991) :

- Le promoteur est l'initiateur du projet et à ce titre, il est doté d'une position dominante, non seulement à l'égard de son futur client, mais également des divers intervenants dans l'acte de bâtir (ex. architecte, entreprise de construction, etc.). Nous notons que le client du promoteur n'est plus qualifié de « maître de l'ouvrage », mais d'« acquéreur » car la définition du programme n'est plus de son ressort.
- Le promoteur est chargé des aspects de coordination des services nécessaires à la réalisation du projet (financement, conception, exécution).
- Le promoteur est un « commerçant professionnel » et se distingue dès lors du maître de l'ouvrage classique sans expérience particulière dans l'acte de bâtir.
- Le promoteur engage sa responsabilité pour les services dont il a la charge. Tout d'abord, le promoteur est impliqué au même titre que l'architecte et les entreprises de construction dans la garantie décennale de l'ouvrage bâti. Ensuite, il s'engage au bon déroulement de l'exécution menée par les constructeurs qu'il a lui-même choisis, de même que tous les autres intervenants. Aussi, le promoteur assume une obligation de garantie en cas de défaillance d'un des membres de son équipe projet. Enfin, le contrat qui le lie à l'acquéreur mentionne une « obligation de résultat », il est donc responsable de l'ensemble de l'opération.

Robert Dorsey (Dorsey 1997)³⁵ souligne que les contrats « clés en main » rapprochent l'acte de bâtir de l'achat d'une voiture neuve. Il avance toutefois des distinctions notables. Tout d'abord, le client est lié contractuellement au promoteur et a l'obligation d'acheter l'ouvrage bâti au terme de l'opération. Ensuite, des spécifications de performance sont exploitées pour déterminer le matériel, l'équipement et la qualité générale. Enfin, dès que le projet est amorcé, tout changement émanant du client altère le coût global de l'opération.

- **Le Partenariat Public-Privé ou le DBFM (Design, Build, Finance and Maintain)**

Ce Partenariat Public-Privé a pour objectif initial d'impliquer le secteur privé dans le développement des infrastructures publiques (Bennet 2003). Ce type de contrat a émergé en Angleterre au début des années 90 sous le nom de PFI (*Private Finance Initiative*). À cette période, le gouvernement britannique se penchait sur la question suivante : comment financer la construction de bâtiments publics sans toutefois alourdir le budget de l'état ? Les PFI se sont avérées être une réponse plus qu'intéressante car elles suggéraient de confier à des consortiums privés le financement des infrastructures publiques. Les dépenses de l'état sont, dans cette forme contractuelle, étalées sur plusieurs décennies sous forme de rémunérations mensuelles pour le service assuré (Weil et al. 2003). Par la suite, le gouvernement britannique a introduit la notion de PPP (*Public Private Partnership*) basée sur les PFI mais plus « centrée sur

³⁵ Cité dans Bennet, F. L. (2003). "The management of construction, A project life cycle approach", Ed. Oxford, Butterworth-Heinemann.

l'engagement réciproque des deux parties pour établir une relation de gagnant/gagnant.»
 (Weil 2003), p. 7.

Le véritable intérêt de ces contrats est de permettre un financement alternatif pour les bâtiments publics. Aussi, la maîtrise d'ouvrage publique n'avait jusqu'ici que peu d'options et se tournait généralement vers des contrats séparés pour la maîtrise d'œuvre, l'exécution et l'exploitation/maintenance. L'évolution du cadre juridique, ainsi que l'enseignement issu de l'expérience britannique permettent aujourd'hui à la maîtrise d'ouvrage publique d'aborder les PPP comme une option nouvelle permettant de céder un projet à consortium privé chargé à la fois du financement, de la conception, de la construction, de la maintenance et de l'exploitation du bâtiment, ce dernier étant mis à la disposition de l'état contre le paiement d'un loyer annuel (voir Figure 13).

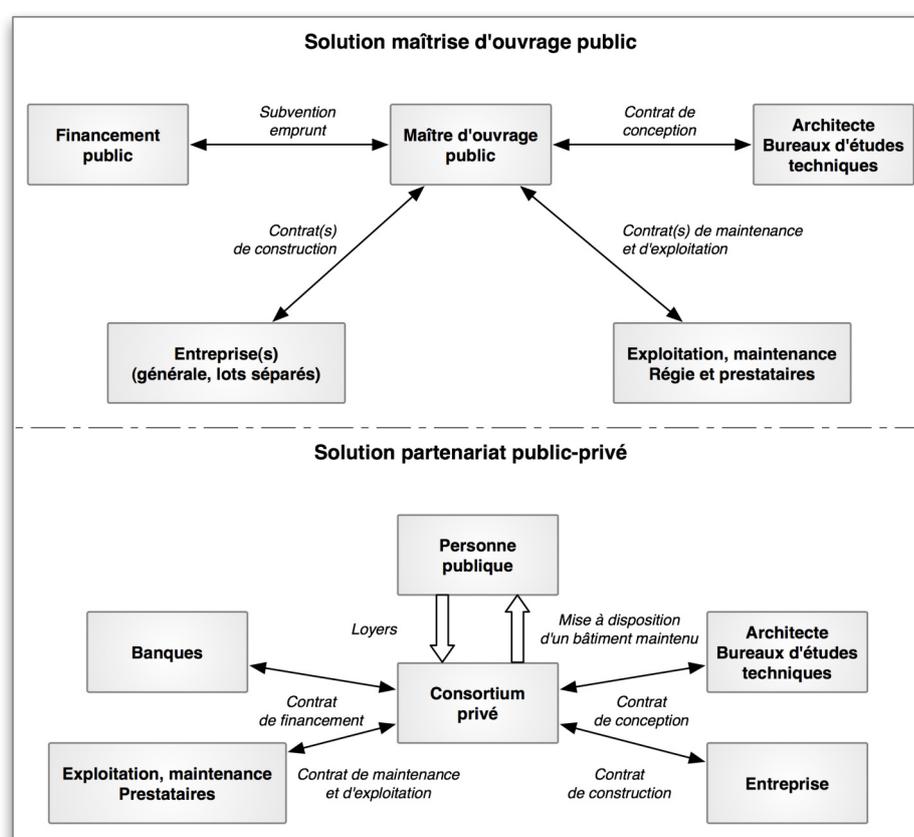


Figure 13. Comparaison entre le dispositif loi MOP et un contrat de partenariat public-privé³⁶

Les principes fondamentaux d'un tel contrat sont les suivants (Weil 2003) :

- Pour la maîtrise d'ouvrage, il n'y a pas de différence marquante avec un contrat « classique », car la qualité du projet relève toujours de sa compétence à exiger ce qu'il y a de mieux et de sa capacité à faire en sorte que le processus en favorise la réalisation.

³⁶ Figure issue de Bougrain, F., Carassus, J. and Colombard-Prout, M. (2005). "Partenariat public-privé et bâtiment en Europe : quels enseignements pour la France?, Retour d'expériences du Royaume-Uni, d'Italie, du Danemark et de France ", Ed. Paris, Presses de l'école nationale des Ponts et chaussées.

Toutefois, de tels contrats peuvent être considérés comme plus complexes, et dès lors, le maître de l'ouvrage doit s'adapter quelque peu.

- Les relations contractuelles entre les parties diffèrent, notamment en ce qui concerne la relation entre la maîtrise d'ouvrage et la maîtrise d'œuvre. Dans de tels contrats, il n'existe plus de lien direct entre ces deux parties, l'équipe de conception et d'ingénierie travaillant pour le consortium privé et non plus pour le client. Aussi, ce dernier devra constituer une expertise autonome dans ce domaine.
- Le « centre de gravité » du contrat est déplacé. L'objectif n'est plus la livraison d'un ouvrage à une date donnée, mais plus globalement celui d'un service à différentes facettes dont une est le bâtiment.
- Le contrat fait état d'une philosophie nouvelle et d'un rapport gagnant-gagnant. Dès lors, il importe que les responsabilités de chacun soient bien définies, et les risques répartis. En outre, le service rendu fera l'objet d'un contrôle permanent durant la période du contrat.
- Le critère primordial de l'opération est le « *Best value for money* ». Aussi, il n'est pas question de transférer l'ensemble des risques vers le secteur privé, mais plutôt d'établir un partage en vue de les assumer aux meilleurs coûts pour la collectivité.

Toutefois, nous insistons sur le fait que ce type de contrat ne fait pas l'unanimité au sein de la maîtrise d'œuvre où les acteurs craignent de perdre la place qui est la leur dans l'acte de bâtir (Garcia 2003), notamment du fait de la disparité des structures (la taille des agences d'architecture peut être difficilement comparée à celles des grands groupes de construction). Par ailleurs, la maîtrise d'œuvre s'inquiète également de la perte de l'indépendance entre les deux types de structure qui jusqu'ici préservait la qualité architecture. Néanmoins, certains acteurs de la maîtrise d'œuvre sont favorables à ce type de contrat tout en soumettant quelques limites :

« Pour produire un projet de qualité, le partenariat public-privé doit remplir au moins quatre conditions :

- 1) *Les principaux décideurs du processus, le commanditaire public et les dirigeants du consortium privé doivent être sensibilisés à la qualité architecturale. La qualité de l'architecture doit même être un des critères de sélection du consortium privé ;*
- 2) *Le programme élaboré par le commanditaire public doit être de qualité, précis et stable dans le temps ;*
- 3) *Il est important que l'architecte ait une mission complète, ne se limitant pas à la conception, mais comprenant aussi le suivi du chantier ;*
- 4) *Un délai d'étude suffisant doit être accordé en début de processus. « Perdre » deux mois au début, pour approfondir et discuter le projet, permet ensuite de mieux maîtriser la qualité, les délais et le budget. » (Michel Macary, Architecte), extrait de (Bougrain 2005), p. 159.*

Il semble qu'une telle forme contractuelle marque réellement une « rupture » de la commande publique traditionnelle.

En effet, *« ce que l'économie attend de la construction, ce n'est plus un accroissement massif du stock des bâtiments et des infrastructures mais une optimisation du service rendu par des*

ouvrages, à construire ou existants, pour une économie plus efficace et plus durable. » (Carassus 2003), p. 78.

Dorénavant, outre le produit bâti, les usagers attendent « *une assistance pour son emploi, une garantie d'utilisation qui soit la plus complète possible afin de pouvoir disposer à tout moment de la fonctionnalité attachée à l'objet* » (Bougrain 2005), p. 12.

Nous constatons, au terme de l'analyse de ces nouveaux types de contrats, que les évolutions en matière de pratiques collectives mènent à une réduction de la scission entre les phases amont et les phases aval d'une opération de construction. En outre, ces nouvelles formes contractuelles font émerger des acteurs au rôle central, intégrant les divers points de vue au sein d'une même structure, et ayant pour responsabilité la gestion de l'ensemble de l'opération et la coordination des divers intervenants.

1.3.2.2. Les nouveaux outils d'assistance à la coopération

Nous avons vu que les pratiques collectives dans le secteur AIC étaient soumises à des transformations de nature contractuelle. Nous allons maintenant considérer les transformations relatives aux nouveaux outils d'assistance à la coopération. Malgré la résistance au changement qui caractérise le secteur, ce dernier a connu de véritables avancées technologiques au cours de ces dernières années. S'il connaît néanmoins un retard technologique certain par rapport à d'autres domaines industriels, nous pouvons concevoir que ses spécificités (voir section 1.1.1) n'ont pas particulièrement joué en sa faveur, tout comme le rappelle Alain Maugard :

« Les Technologies de l'Information et de la Communication ont pénétré le secteur du bâtiment un peu plus tardivement que les autres secteurs économiques. Ce retard n'est pas pour autant rédhibitoire. Contrairement à l'industrie automobile ou aéronautique, le bâtiment est un objet complexe et unique avec un process de conception-réalisation-maintenance qui associe de nombreux acteurs. Il est donc normal que l'intégration des technologies de l'information et de la communication nécessite un peu plus de temps. » (Maugard 2007), p. 147.

Alain Maugard (Maugard 2007) établit trois axes principaux d'innovations technologiques pour les professionnels du secteur :

- Tout d'abord, la dématérialisation des actes écrits avec les échanges de données informatisées (EDI). Ce mouvement est en pleine expansion pour la gestion des appels d'offres et la dématérialisation des marchés publics (voir par exemple, EDI-TENDER³⁷).
- Ensuite, le second axe se focalise sur les systèmes d'information sur les produits de la construction. Il s'agit notamment des catalogues électroniques de produits tels qu'Edibatec³⁸.
- Enfin, le dernier axe vise la conception avec des logiciels qui ont progressivement remplacé les planches à dessin. L'évolution de ces produits de la DAO (Dessin Assisté

³⁷ <http://www.editender.com>

³⁸ Edibatec est une association créée en 1992 dont l'objectif est la création d'un format d'échange ouvert utilisé pour la réalisation de catalogues électroniques de produits pour le secteur du bâtiment. Ces données sont notamment exploitées par des logiciels métier de simulation thermique, de devis, etc. Pour plus d'informations, voir : <http://www.edibatec.org>.

par Ordinateur) à la CAO (Conception Assistée par Ordinateur) nous conduit aujourd'hui vers de nouvelles perspectives avec la maquette numérique. Les pratiques qui y sont associées suggèrent le partage de la maquette par l'équipe-projet, dès les phases amont, en vue de favoriser le partage des données, ainsi que le rapprochement des points de vue.

Nous étendrons son approche par une catégorie d'outils supplémentaire, certes moins « innovante » que la maquette numérique, mais plus largement intégrée dans les pratiques : les plates-formes de projet qui cherchent à favoriser l'échange de données durant les phases de conception, réalisation et maintenance. Le rapport établi par le CSTC (Rapport CSTC N°8 - 2005) définit les plates-formes de projet comme « *un collecticiel spécifiquement adapté à la gestion d'un projet de construction dans le cadre duquel les différents intervenants partagent et mettent en commun de manière sécurisée des informations relatives au projet de construction et/ou au chantier au cours de ses diverses phases de développement (étude, préparation, construction, constitution des dossiers descriptifs de l'ouvrage achevé, maintenance). Ces informations sont présentées sous la forme de plans, croquis, photos, rapports, fiches techniques, planning, ...* » (CSTC 2005), p. 7.

L'utilisation de tels outils ne pourrait être envisagée dans la pratique si en parallèle des standards d'échange n'avaient pas été développés. En effet, chaque catégorie d'acteurs utilise des outils spécifiques à son domaine de compétence. Dès lors, les échanges entre logiciels trouvent leurs limites dans l'interopérabilité des formats de fichiers. Aussi, les premiers standards apparus sont le DXF et le DWG pour les informations graphiques. Aujourd'hui, le standard IFC (*Information For Construction*) homologué par ISO, permet la reconnaissance des objets du bâtiments et de leurs propriétés.

Si actuellement tous ces outils sont techniquement opérationnels, et que beaucoup se prennent à rêver à une ingénierie concourante pour le secteur du bâtiment, force est de constater que la réalité est quelque peu différente. La maquette numérique par exemple, et la démarche HQI (*Haute Qualité Informationnelle*), « *démarche de management de projet visant à augmenter la qualité des informations produites, échangées, et livrées entre tous les intervenants d'une opération, tout au long du processus* »³⁹, ont quelques difficultés à convaincre l'ensemble des professionnels concernés. L'appropriation de tels outils nécessite, au-delà de l'investissement personnel nécessaire à la prise en main des outils, un profond changement des pratiques. Sans doute, s'agit-il ici du principal frein à l'adoption de ces technologiques. Il est par conséquent indispensable d'accompagner ce changement notamment, en enseignant aux professionnels ces nouvelles pratiques de collaboration, ou encore en les intégrant dans le processus de spécification des outils⁴⁰.

³⁹Hanrot, S. (2005). "Les enjeux de la maîtrise d'oeuvre, Projet et Technologie". In Maîtres d'ouvrage, maîtres d'oeuvre et entreprises. De nouveaux enjeux pour les pratiques de projet, Jean-Jacques (sous la direction de) Terrin, Ed. Eyrolles et Plan Urbanisme Construction et Architecture PUCA, Paris, 49-63., page 57

⁴⁰ Le projet Build-IT au Luxembourg ou encore le projet Expert en France visent cet objectif.

Au terme de l'analyse des nouvelles perspectives du secteur, nous constatons, de manière générale, que les efforts tentent de réduire les incertitudes spécifiques à l'activité de construction (voir section 1.1.3.2). Au niveau des pratiques internes, les entreprises s'investissent dans des démarches qualité, convaincues que les certifications et les qualifications contribuent de manière positive au renforcement de leur image, et agissent comme des garanties quant au bon déroulement du travail qui leur est confié. Au niveau des pratiques collectives, les évolutions mènent à de nouveaux types de contrats ou encore à de nouveaux types d'outils d'assistance à la coopération et s'orientent vers l'*intégration des points de vue*. Les nouvelles formes contractuelles tendent à réduire la scission entre les phases conception, de réalisation et de maintenance, et se structurent autour d'un acteur pivot (ex. promoteur, consortium privé...) dont les compétences lui permettent d'assurer la synthèse des points de vue et de gérer l'ensemble de l'opération.

Parallèlement, l'évolution technologique tend à favoriser les échanges et à intégrer la connaissance du projet au sein d'une base commune tout comme le permettra à terme la maquette numérique.

1.4. Les formes de l'organisation des chantiers de construction et les mécanismes de coordination mis en œuvre

Jusqu'à présent, nous avons étudié le secteur AIC et ses spécificités. Nous avons également vu que l'activité de chantier suggère deux niveaux de pratique (interne et collectif). Nous allons maintenant étudier l'organisation du chantier d'un point de vue théorique et identifier les mécanismes de coordination qui y sont mis en œuvre. Puis, nous traiterons du rôle de coordinateur-pilote au sein de l'organisation propre au chantier. Ensuite, nous formaliserons deux tendances pour la coordination et le pilotage de l'activité de construction. Enfin, nous préciserons nos hypothèses de recherche.

1.4.1. Une approche théorique des organisations et de la coordination dans le secteur AIC

Les théories sur les organisations formalisent un cadre théorique nous permettant de mieux percevoir les enjeux d'une activité collective telle que celle menée dans le cadre de la construction d'un bâtiment. Aussi, nous suggérons de nous inspirer de ces théories issues des domaines des sciences de l'organisation et du management en vue de formaliser une typologie des formes d'organisation et de coordination appliquées au secteur AIC.

1.4.1.1. Une typologie des formes d'organisation supportant les activités de construction

Pour Henri Mintzberg, « *l'organisation se définit comme une action collective à la poursuite de la réalisation d'une mission commune* » (Mintzberg 1989), p. 12.

Selon lui, « toute activité humaine organisée [...] donne naissance à deux besoins fondamentaux et contradictoires : la division du travail entre diverses tâches à effectuer et la coordination de ces tâches afin d'accomplir cette activité. La structure d'une organisation peut être définie simplement comme la somme totale des moyens employés pour diviser le travail entre tâches distinctes et pour ensuite assurer la coordination nécessaires entre ces tâches. » (Mintzberg 1989), p. 188.

Dans l'activité de construction, l'organisation peut s'entendre à deux niveaux différents :

- Le premier niveau concerne la structure **intra-organisationnelle**, limitée à une seule entreprise. Il s'agit, par exemple, des nombreuses entreprises qui interviennent dans le cadre d'une opération donnée, considérées indépendamment les unes des autres.
- Le second niveau est plus englobant et concerne la structure **inter-organisationnelle**, propre à l'opération et étendue à l'ensemble des intervenants. Plus communément dénommée « entreprise projet » (Henry 1990)⁴¹, elle nécessite d'être mise en opposition avec l'entreprise traditionnelle. « 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 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. » (Malcurat 2002), p. 11.

Aussi, dans le cadre de notre analyse, nous nous concentrerons sur cette seconde approche de l'organisation, étendue à l'ensemble des entreprises intervenant dans l'acte de bâtir. Nous rappelons que l'entreprise-projet fait émerger des difficultés dans l'activité collective, issues notamment des spécificités du secteur (voir section 1.1) et des points de vue parfois divergents des nombreux intervenants. Comme nous l'avons vu précédemment, elle est régulée entre autres par les formes contractuelles et les outils d'assistance à la coopération (voir section 1.3.2). Par ailleurs, nous insistons sur l'importance de la coordination dans une telle structure.

Les travaux antérieurs (Kubicki 2006a; Kubicki et al. 2006b) reposant sur les théories des organisations (Taylor 1911; Fayol 1918; Weber 1921; Mintzberg 1979) et leur spécification au secteur de la construction ont permis de mettre en évidence trois types de configuration organisationnelle prédominant en phase chantier :

- La **configuration hiérarchique** qui couvre les formes d'entreprises traditionnelles et repose fondamentalement sur le pouvoir décisionnel des acteurs. Elle est caractérisée par une organisation bureaucratique, rationnelle et efficace. Elle met en œuvre une

⁴¹ Cité dans Guffond, J.-L. and Leconte, G. (2001). "Le pilotage d'activités distribuées : le cas du chantier". Sociologie du travail, 43, 197-214.

communication relativement formelle, et se caractérise par une centralisation assez importante du pouvoir décisionnel. Elle peut être représentée par un organigramme hiérarchique classique.

Sur le chantier, cette configuration correspond, par exemple, à l'organisation classique de l'équipe-projet que l'on peut retrouver en réunion de chantier. Dans ce contexte, le superviseur (architecte ou coordinateur-pilote) anime la réunion, il identifie les problèmes potentiels et acte les décisions.

- La **configuration adhocratique** qui qualifie les formes d'organisation plus fluides, et organiques. Elle est particulièrement adaptée à la résolution de problèmes ponctuels, et le pouvoir décisionnel y est décentralisé. Elle se caractérise par son caractère flexible et informel.

Sur le chantier, cette configuration peut être rapprochée d'une situation d'ajustement entre deux ouvriers cherchant à résoudre un problème particulier lié à leurs tâches respectives présentant des interfaces (par ex. même espace topologique, dépendance d'enchaînement, etc.).

- La **configuration transversale** qui exprime le fait qu'une « micro-organisation » puisse être simultanément intégrée dans plusieurs structures inter-organisationnelles. Cette configuration est complexe et dynamique. Elle met en évidence des stratégies diverses et fragmentées respectant toutefois une certaine cohésion, sans quoi elle ne pourrait atteindre l'objectif fixé. Elle repose sur une rationalisation du travail et les standards.

Sur le chantier, cette organisation caractérise le fait qu'une entreprise est souvent affectée à plusieurs chantiers en même temps. Elle illustre notamment la relation qui existe entre le fournisseur et l'entreprise de construction. Ces deux entreprises fonctionnent de manière totalement autonome. Il existe peu d'échanges entre elles, hormis les moments de commande et de livraison.

1.4.1.2. Une typologie des formes de coordination des activités de construction

Les travaux antérieurs (Kubicki 2006a; Kubicki 2006b) ont également abouti à une typologie des formes de coordination des activités menées dans le cadre d'un chantier.

Nous suggérons de rappeler les éléments clés qui nous permettront de qualifier les formes de coordination au sein des organisations identifiées dans la section 1.4.1.1.

La notion de « coordination » émerge dès que nous considérons l'activité collective. D'ailleurs, H. Mintzberg insiste sur le fait qu'il s'agit de la caractéristique essentielle et du principe fonctionnel de l'organisation (Cabin et al. 2005). La coordination consiste en la gestion des dépendances « *entre les activités.* » (Malone et al. 1993), ou « *entre acteurs* » (Thompson 1967). Les travaux réalisés par J.D. Thompson mènent à l'identification de trois types différents d'interdépendance (voir Figure 14) :

- L'**interdépendance de communauté** décrit des situations telles que « *chaque partie apporte une contribution discrète à l'ensemble et chacune d'entre elle est supportée par l'ensemble* » (Thompson 1967), p. 54. Les acteurs ne sont liés entre eux que par leur dépendance à une seule et même ressource (par exemple, le budget) (Nizet et al. 2001).

Le risque d'une telle configuration est que l'un des acteurs ne contribue pas efficacement à la tâche, menant à l'échec global.

Dans le contexte de l'activité de chantier, cette situation est peu fréquente car mener à bien une opération de construction nécessite un minimum d'interaction entre les membres de l'équipe. Toutefois, nous pouvons considérer que la relation entre deux ouvriers de chantier travaillant au même moment sur deux ouvrages distincts et distants sans aucune interaction est de cet ordre.

- L'**interdépendance séquentielle** décrit une situation dans laquelle deux acteurs interagissent, le résultat de l'un étant nécessaire à l'activité de l'autre afin qu'il effectue son propre travail. Nous pouvons estimer qu'il s'agit d'un mode particulièrement présent sur le chantier où les corps de métier interviennent progressivement pour exécuter les tâches dont ils ont la responsabilité.
- L'**interdépendance réciproque** exprime une situation où deux acteurs interagissent, l'action de l'un engendre l'action d'un autre qui en retour réamorçait l'action du premier et ce, de manière continue (Nizet 2001). Sur le chantier, cette situation se traduit par exemple par l'ajustement entre l'architecte et l'entreprise de construction, chacun cherchant une solution à un problème impactant leur tâche respective, sachant que la réponse donnée par l'un influence la tâche de l'autre, et réciproquement.

J.D. Thompson précise en outre que « dans une situation d'interdépendance, l'action concertée passe par la coordination », dès lors, « s'il existe différents types d'interdépendance, nous devons nous attendre à trouver différents types de dispositifs pour assurer la coordination » (Thompson 1967), pp. 55-56.

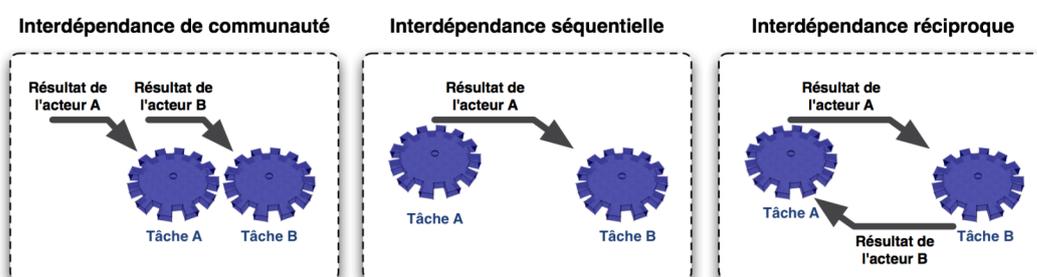


Figure 14. Identification des différents types d'interdépendance selon J.D. Thompson⁴²

Aussi, il propose trois types de coordination différents pour l'activité des entreprises se basant lui-même sur les travaux de J.G. March et H.A. Simon (March et al. 1958).

Il suggère la « **standardisation** » comme premier dispositif de coordination. Elle implique « l'établissement de routines ou de règles qui contraignent l'action de chaque unité de manière à ce que les directions suivies soient compatibles avec celles suivies par les autres unités dans le cadre de la relation d'interdépendance » (Thompson 1967), p. 56. Puis, il propose la « **coordination par plan** », plus adaptée aux situations dynamiques que la standardisation. Elle implique « l'établissement de plannings destinés aux unités interdépendantes en vue de gérer

⁴² Illustration établie d'après Zolin, R., Levitt, R. E., Fruchter, R. and Hinds, P. J. (2000). "Modeling & Monitoring Trust in Virtual A/E/C Teams, A Research Proposal". Stanford University, Stanford.

leurs actions » (Thompson 1967), p. 56. Ensuite, il détermine une troisième forme de coordination appelée « **ajustement mutuel** », similaire à la notion de « *feedback* » de J.G March et H.A. Simon et particulièrement adaptée aux situations variables et imprévisibles. Elle implique « *la transmission d'information nouvelle durant le processus d'action* » (Thompson 1967), p. 56.

Enfin, il suggère une mise en relation des types d'interdépendance avec les trois types de coordination identifiés et il établit les correspondances suivantes (voir Tableau 3) :

- La coordination par plan est appropriée pour l'interdépendance séquentielle ;
- La coordination par ajustement mutuel convient à l'interdépendance réciproque ;
- La coordination par standardisation est adaptée à l'interdépendance de communauté.

Tableau 3. Dispositifs de coordination et catégories d'interdépendance (J.D. Thompson)

Interdépendance	Dispositif de coordination
Interdépendance séquentielle	Coordination par plan
Interdépendance réciproque	Ajustement mutuel
Interdépendance de communauté	Standardisation

Les travaux de J.D. Thompson ont, par la suite, été enrichis par ceux de H. Mintzberg (Mintzberg 1979). Ce dernier propose une typologie des mécanismes de coordination précisant les divers moyens que les organisations mettent en œuvre en vue de coordonner leur activité, il identifie cinq mécanismes distincts (Mintzberg 1989), p. 189 :

- L'**ajustement mutuel** accomplit « *la coordination du travail par le simple processus de la communication informelle* » ;
- La **supervision directe** accomplit « *la coordination du travail par le biais d'une seule personne qui donne les ordres et les instructions à plusieurs autres qui travaillent en interrelations* » ;
- La **standardisation des procédés** fonde la coordination sur la « *spécification des procédés de travail de ceux qui doivent réaliser des tâches interdépendantes* » ;
- La **standardisation des résultats** assure la coordination en « *spécifiant les résultats des différents types de travail* » ;
- La **standardisation des qualifications** et du savoir garantit « *la coordination de différents types de travail par le biais de la formation spécifique de celui qui exécute le travail* ».

D'autres travaux plus récents ont également permis de qualifier la coordination de l'activité collective.

Nous retiendrons les travaux de K. Schmidt et C. Simone qui suggèrent des mécanismes de coordination fondés sur les protocoles et les artefacts (Schmidt et al. 1996).

« *Un mécanisme de coordination est un composé consistant en un protocole de coordination (un groupe intégré de procédures et de conventions stipulant d'une part, l'articulation des activités distribuées interdépendantes), et d'autre part, un artefact (construit symbolique permanent) dans lequel le protocole est exprimé* ». K. Schmidt précise en outre la distinction entre les artefacts statiques et dynamiques. « *L'état de l'artefact peut être complètement statique*

et indépendant de l'état du protocole qu'il prescrit » (Schmidt 1996), p. 176. A contrario, l'artefact peut être dynamique et « représenter dynamiquement l'état de l'exécution du protocole » (Schmidt 1996), p. 177. Nous pouvons illustrer ces deux types d'artefact : nous distinguerons le CCTP, qui décrit l'exécution de la construction au travers d'un artefact statique, du planning Gantt, exploité par le coordinateur pour identifier dynamiquement l'avancement de l'exécution.

Nous mettrons également l'accent sur l'approche de P.B. Andersen qui insiste sur la distinction entre la coordination basée sur l'artefact et la coordination fondée sur l'oral (Andersen et al. 2000). La coordination orale repose sur la connaissance partagée par les acteurs en situation de coordination. Les artefacts, quant à eux, apparaissent dès que nous atteignons les limites de l'oralité (par exemple, situation rassemblant de nombreux acteurs aux compétences distinctes). Bien que le secteur du bâtiment soit fortement caractérisé par une culture orale, nous pouvons répertorier divers artefacts assurant la coordination tels que les plans et le planning d'exécution...

Enfin, nous évoquerons les travaux de C. Godart (Godart et al. 2001) sur les formes de coordination qui ont abouti à la mise en exergue de deux approches distinctes : une coordination de type « implicite » et une autre, de type « explicite ». La coordination explicite « suppose la modélisation explicite du processus et la mise en application » (Godart 2001). Cette coordination repose sur des règles et des contrats établis entre les membres d'une organisation (Hanser 2003). La coordination implicite, quant à elle, « suppose une auto-coordination, basée sur une certaine forme de conscience de groupe » (Godart 2001). Elle agit en support aux événements imprévus et permet les ajustements indispensables à l'activité en cours de réalisation (Hanser 2003).

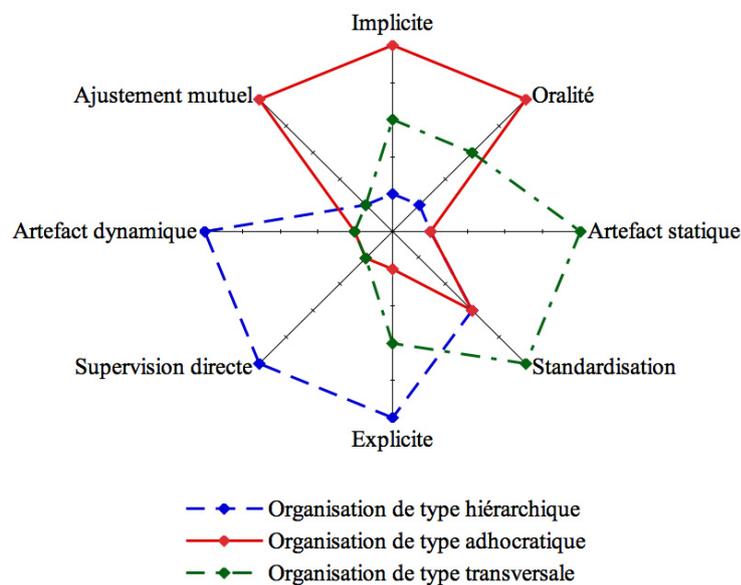


Figure 15. Les mécanismes de coordination au sein des organisations⁴³

⁴³ Illustration issue de Kubicki, S. (2006a). "Assister la coordination flexible de l'activité de construction de bâtiments, Une approche par les modèles pour la proposition d'outils de visualisation du contexte de coopération". PhD Thesis in Architecture Science. Université Henri Poincaré, Nancy-1, Département de Formation Doctorale en Informatique, Nancy, 298 pp.

L'ensemble de ces théories a permis de structurer notre analyse de l'organisation en phase chantier, il guidera notre réflexion par la suite.

La Figure 15 et le Tableau 4 caractérisent la nature de la coordination au sein des trois types de configuration de l'organisation identifiés (Kubicki 2006a) :

- L'**organisation hiérarchique** est largement répandue sur le chantier de construction. Elle repose sur le pouvoir décisionnel des acteurs et se particularise par la prédominance d'une coordination basée sur la supervision directe et des interdépendances entre acteurs principalement séquentielles. En outre, la coordination repose sur des règles et une définition explicite du processus permettant d'anticiper et de planifier les tâches de chacun des intervenants. Enfin, des artefacts permettent d'exprimer « dynamiquement » l'état d'exécution du chantier, nous considérerons, pour exemple, le planning d'exécution marquant l'état d'avancement à la date du jour ainsi que les écarts avec la situation initialement prévue.
- L'**organisation adhocratique** est importante sur le chantier, notamment pour la résolution de problèmes ponctuels et permet de surmonter les aléas apparaissant au cours de l'exécution de l'activité. Elle est caractérisée par des interdépendances réciproque, et une coordination reposant sur l'ajustement mutuel. Elle est de nature implicite et prend une forme essentiellement orale.
- L'**organisation transversale** exprime le fait qu'une « micro-organisation » puisse être intégrée sur plusieurs chantiers simultanément. Cette configuration se caractérise par des interdépendances de communauté. Elle préconise une coordination reposant sur la standardisation et l'ensemble des normes propres au secteur AIC. Il s'agit de la standardisation des procédés (par ex. les DTU qui établissent les règles techniques de l'exécution), de la standardisation des résultats (ex. les marquages CE ou NF des produits de construction qui indiquent qu'ils respectent les caractéristiques reconnues par les acteurs du domaine (Brajeul 2005)), et de la standardisation des qualifications (par ex. certification Qualibat qui garantit les compétences de l'entreprise de construction). Ces standards sont ancrés dans des artefacts de nature statique.

Tableau 4. Caractéristiques des organisations sur les chantiers de construction

Configuration de l'organisation	Mécanisme de coordination	Interdépendance
Configuration hiérarchique	Supervision directe	Interdépendance séquentielle
Configuration adhocratique	Ajustement mutuel	Interdépendance réciproque
Configuration transversale	Standardisation des résultats Standardisation des qualifications	Interdépendance de communauté

1.4.2. Le coordinateur-pilote au cœur de l'organisation

Nous avons abordé les organisations et les modes de coordination de manière théorique. Il nous semble maintenant intéressant de rentrer au cœur de l'organisation des intervenants en phase chantier afin d'identifier plus concrètement la manière dont s'intègre la mission de coordination et de pilotage.

Nous rappelons que cette mission se focalise sur les prestations suivantes : la gestion de l'organisation et de la communication au sein de l'équipe-projet, la gestion des délais ainsi que le suivi de l'avancement de la construction, et enfin, la gestion financière de l'opération (voir section 1.2).

Cette mission peut être menée par différentes catégories d'acteurs : des acteurs spécialisés et indépendants, des entrepreneurs, ou encore le maître d'œuvre.

À partir de la Figure 16, nous pouvons identifier quatre situations qui se distinguent par les liaisons contractuelles entre les intervenants :

- Le *cas n°1* illustre une configuration où la mission de coordination est affectée à un acteur indépendant et spécialisé lié contractuellement au maître de l'ouvrage. Ses compétences lui permettent d'intégrer les différents points de vue afin d'assurer le bon déroulement d'une opération établie en lots séparés et nécessitant par conséquent, une gestion fine des interfaces entre les nombreux corps de métier. Il s'agit d'un acteur que l'on pourrait qualifier d'« *agent de liaison* »⁴⁴. Le coordinateur-pilote dans cette configuration agit en effet indépendamment de tout rapport hiérarchique et se contente de recueillir les informations du projet pour les aspects dont il est responsable afin d'assurer au mieux la gestion des interdépendances entre les divers intervenants.
- Dans le *cas n°2*, l'opération est établie en lots séparés et la mission de coordination est confiée au maître d'œuvre. Le plus souvent, il s'agit de l'architecte dont les compétences lui permettent d'avoir une large vision de l'opération et d'intégrer les divers points de vue. En effet, « *aujourd'hui, les architectes qui présentent une réelle capacité dans leur rôle de coordination des acteurs et d'intégration de leurs points de vue sont légitimes dans leur rôle d'acteur-pivot.* » (Hanrot 2003), p. 47. Nous précisons que d'un point de vue contractuel, le pilotage et la coordination consistent en une mission complémentaire à la mission normale de l'architecte⁴⁵. Cette mission est rendue nécessaire dans le cadre d'une dévolution des marchés de travaux par corps d'état séparés. Ce rôle de coordination était initialement considéré comme faisant partie intégrante de la mission de l'architecte. Cependant, la complexité croissante des projets a mené à la réorganisation des champs de compétences. Aussi, aujourd'hui, une telle configuration, confiant la mission d'OPC à l'architecte, est essentiellement appliquée dans les petites et moyennes opérations.
- Le *cas n°3* illustre une configuration en marché unique où la mission de coordination et de pilotage est confiée à l'entrepreneur général. Dans une telle configuration, l'entreprise s'engage non seulement à réaliser le bâtiment, mais elle assume en plus la responsabilité du déroulement de l'opération et la coordination des divers sous-traitants. Aussi, dans une telle configuration, la mission est menée par du personnel de l'entreprise constamment présent sur le chantier et dès lors, très réactif aux divers aléas qui sont susceptibles de se produire. Nous soulignons que d'un point de vue contractuel,

⁴⁴ Expression issue de Armand, J., Raffestin, Y., Couffignal, D., Dugaret, B. and Péqueux, G. (2003). "Conduire son chantier, 7^{ème} édition", Ed. Collection Méthodes. Paris, Le Moniteur.

⁴⁵ Voir le « contrat d'architecte pour travaux neufs » établi par l'Ordre des Architectes (France).

le maître de l'ouvrage n'est lié qu'à l'entreprise générale et ne peut en aucun intervenir dans le choix des sous-traitants.

- Le **cas n° 4** décrit une configuration de marché passé à un groupement au sein duquel une entreprise s'engage à assurer la mission de coordination et de pilotage du chantier. Les entreprises groupées ont souscrit à un acte d'engagement unique spécifiant pour chacune d'entre elles les responsabilités qui lui incombent. L'une d'entre elles s'engage non seulement à exécuter le ou les lot(s) pour le(s)quel(s) il est responsable, mais en plus, à assurer le coordination des diverses entreprises intégrées au groupement. D'un point de vue contractuel, un seul contrat unit le maître de l'ouvrage avec l'ensemble du groupement.

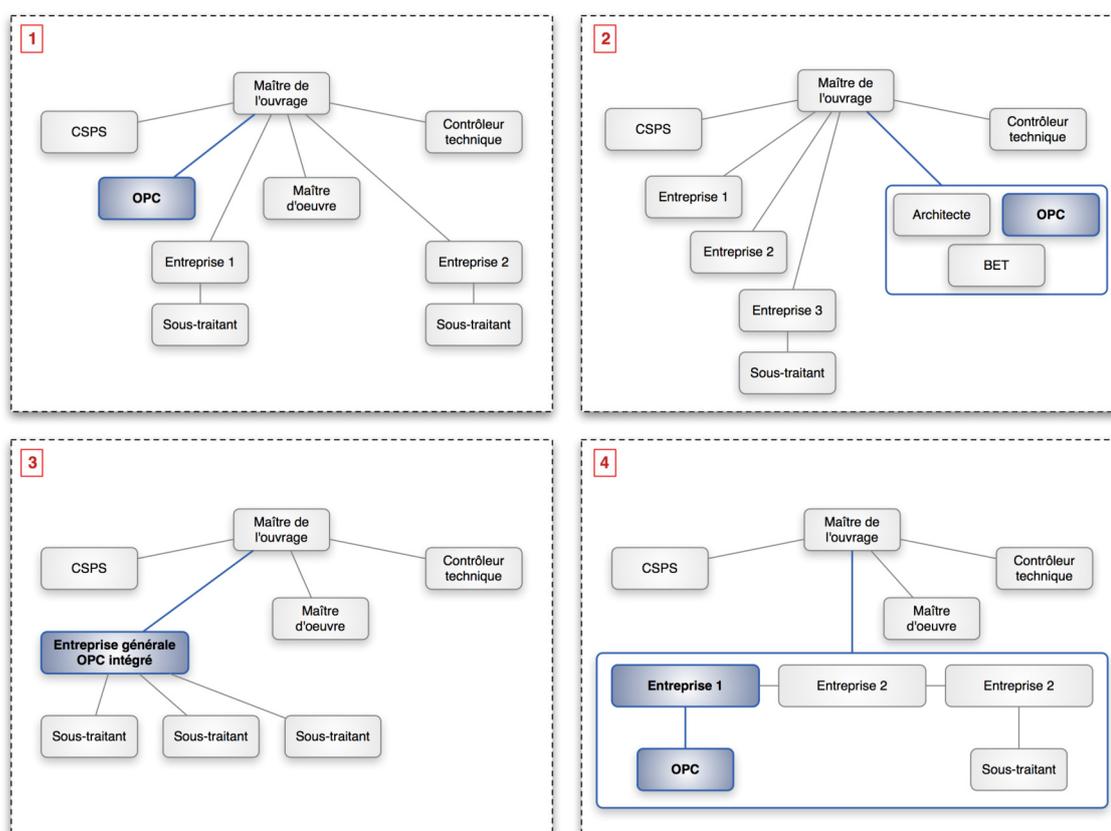


Figure 16. La mission de coordination au coeur des organisations AIC⁴⁶

L'étude de ces quatre configurations nous permet de mettre en évidence deux tendances principales pour la coordination sur le chantier de construction :

- Le coordinateur tel un « **agent de liaison** » suggère une configuration plutôt « **adhocratique** » de l'organisation. Cette vision de la mission fait du coordinateur un intervenant « *qui n'est investi d'aucune autorité propre et dont le rôle consiste à faire circuler l'information* » (Armand 2003), p. 31. Il s'agit du cas n°1 dans lequel le coordinateur-pilote est un acteur spécialisé, agissant indépendamment de toute relation de hiérarchie.

⁴⁶ Illustration établie sur base de Armand, J., Raffestin, Y., Couffignal, D., Dugaret, B. and Péqueux, G. (2003). "Conduire son chantier, 7^{ème} édition", Ed. Collection Méthodes. Paris, Le Moniteur.

CSPS = Coordinateur de sécurité et de protection de la santé.

- Le coordinateur tel le « *superviseur du chantier* » suggère une configuration « hiérarchique » de l'organisation. Cette seconde tendance conduit à envisager le coordinateur-pilote comme « *le véritable maître du chantier, investi de l'autorité du maître d'œuvre pour tout ce qui concerne le pilotage des travaux.* » (Armand 2003), p. 31. Cette tendance évoque les cas n°2, n°3 et n°4, pour lesquels la coordination s'inscrit fondamentalement dans un rapport de hiérarchie. Le fait que la mission soit confiée à un acteur déjà investi d'un rôle dans le projet de construction (maître d'œuvre ou entrepreneur) mène à accroître ses responsabilités et dès lors, à renforcer les rapports d'autorité existant entre la maîtrise d'œuvre et les entreprises de construction dans le cas où la mission est confiée au maître d'œuvre, et à constituer des rapports d'autorité entre des entreprises de construction dans le cas où la mission est confiée à un entrepreneur général ou à une entreprise intégrée à un groupement.

1.5. Synthèse

Dans ce premier chapitre, nous avons commencé par identifier les spécificités du secteur du bâtiment. Nous avons vu que la mission de coordination était indispensable afin d'intégrer les différents points de vue des intervenants et de limiter l'impact de perturbations apparaissant au cours de l'exécution.

Puis, nous avons établi que la mission de coordination visait principalement trois aspects de l'activité de chantier : la gestion de l'organisation et de la communication, la gestion des délais et le suivi de l'avancement et enfin, la gestion des coûts. Ces divers aspects font l'objet d'un outillage spécifique tel que, par exemple, les logiciels de planification pour la gestion des délais. Par la suite, nous avons souligné les nouvelles perspectives pour la coordination en matière de gestion interne et de gestion de la coopération. La structure interne est largement influencée par la démarche qualité. La certification du système de management et la qualification professionnelle sont deux préoccupations relativement nouvelles des entreprises du secteur BTP. Toutes deux contribuent à renforcer la confiance que leur accordent les clients, mais aussi les autres intervenants. La gestion de la coopération, quant à elle, mène à une recherche de nouvelles formes contractuelles, et conduit vers de nouveaux outils. Nous soulignons que ces évolutions vont dans le sens d'une intégration des points de vue.

Enfin, nous avons approfondi la notion d'organisation et étudié les mécanismes de coordination. Cette analyse nous a permis d'entrevoir deux tendances pour la coordination de l'activité de chantier : le coordinateur, agent de liaison évoluant dans une organisation ad hoc et le coordinateur, superviseur du chantier, évoluant dans une organisation hiérarchique.

Ce chapitre a permis de caractériser différentes facettes du contexte coopératif d'une activité de construction (formes contractuelles, configurations de l'organisation, mécanismes de coordination, outils). Nous avons vu qu'une telle activité était fondamentalement différente de celle identifiable dans l'industrie manufacturée. Aussi, une transposition pure et simple de ses outils d'assistance à la coopération vers le secteur AIC peut sembler quelque peu utopiste. Nous

rejoignons par conséquent le point de vue de (Bignon 2002) quant à la nécessité d'adapter les outils aux spécificités du domaine :

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

Les outils de travail collaboratif développés aujourd'hui dans le monde de l'industrie ne sont pas directement adaptables au bâtiment. Ils requièrent un haut niveau de définition des procédures et des échanges qui est incompatible avec la flexibilité des pratiques courantes et les modes de fonctionnement de l'entreprise projet. » (Bignon 2002), p. 63.

Nous pensons en outre que les spécificités du secteur du bâtiment, et plus particulièrement celles du chantier, décrivent un contexte incertain où la coordination repose sur un mélange subtil entre implicite et explicite, où l'organisation prend de multiples configurations (hiérarchique, adhocratique ou transversale) et où la qualité de l'opération repose sur l'autonomie et le sens des responsabilités de chacun des intervenants. Un tel contexte, selon nous, est largement fondé sur la notion de confiance, car elle a cette capacité de réduire la perception du risque et de permettre l'action dans un environnement caractérisé par de nombreuses incertitudes. En conséquence, il nous semble réellement intéressant de traiter d'un rapprochement entre les outils d'assistance à la coordination et la notion de confiance.

Nous pressentons qu'évaluer la confiance au sein de l'activité de chantier pourrait constituer un bon support à la coordination. En effet, une telle appréciation permettrait au coordinateur d'ajuster un équilibre indispensable entre dispositifs de contrôle et confiance.

Aussi, nous suggérons de mener dans la suite de ce travail une analyse de la notion de confiance, de ses mécanismes de production, et de sa place dans le contexte de l'activité collective. Au terme de cette analyse, nous proposerons une approche innovante de la *confiance dans le bon déroulement de l'activité*. Puis, nous nous intéresserons à la modélisation de la connaissance du domaine. Ensuite, nous chercherons à déterminer les critères conditionnant la confiance dans l'activité AIC et nous verrons comment exploiter les informations issues du contexte de coopération. Nous détaillerons alors notre méthode d'évaluation de la confiance. Enfin, nous proposerons un outil de tableau de bord pour l'assistance à la coordination par la confiance et nous formaliserons les éléments de validation de notre proposition.

CHAPITRE 2. La confiance au centre des organisations

Nous allons maintenant nous focaliser sur la confiance, notion fondamentale dans le contexte d'une activité collective. Souvent décrite comme un élément présent en arrière-plan lors des échanges, elle est rarement considérée à part entière et ce, bien qu'elle soit essentielle pour envisager sereinement la coopération. En effet, un climat de confiance se révèle particulièrement propice aux échanges individuels (Godé-Sanchez 2004), et en cela, constitue en quelque sorte un catalyseur pour la coopération. Elle apparaît également *comme un facteur d'efficacité organisationnelle et comme un substitut à des formes contractuelles complexes et coûteuses* (Brousseau et al. 1997). En outre, la confiance peut être particulièrement importante pour l'auto-organisation (Rousseau et al. 1998). Lorsque la confiance est présente dans une structure, les comportements s'inscrivent dans l'intérêt général et en aucun cas ne favorisent l'opportunisme.

Nous estimons dès lors que son impact est non-négligeable dans les structures organisationnelles et que son externalisation pourrait constituer un bon support à la coordination.

Aussi, nous aborderons tout d'abord les théories de la confiance interpersonnelle qui qualifie la relation entre un Trustor (acteur qui accorde sa confiance) et un Trustee (acteur qui reçoit la confiance). Ensuite, nous nous intéresserons à la confiance au sein des organisations que nous qualifierons plus particulièrement dans le cadre de la réalisation de projets de construction. Ceci nous permettra d'étendre l'étude menée section 1.4.1. Puis, nous envisagerons la confiance comme dépendante d'une situation donnée et nous développerons la notion de contexte en vue de l'intégrer dans notre approche. Nous traiterons par la suite d'outils supportant la confiance : dans un premier temps issus du domaine de l'e-business, et dans un second temps existant dans

le secteur du bâtiment. Et enfin, nous concluons sur les perspectives que nous ouvrons en matière de coordination de l'activité de chantier.

2.1. Une approche théorique de la confiance, revue de la littérature

La confiance est une notion qui fait l'objet de divers points de vue dans la littérature. Stephen Marsh (Marsh 1994) identifie deux raisons essentielles qui permettent de justifier cela. Tout d'abord, nous sommes tous « experts » de la confiance, car elle fait partie inhérente de notre quotidien, de notre société. En effet, nous faisons confiance à notre ami lorsque nous lui confions les clés de notre voiture, au monde politique pour assurer le gouvernement du pays, à nos collaborateurs pour assurer les tâches que nous leur avons déléguées... En outre, lorsque les chercheurs posent la question de la confiance, ils l'appliquent à un domaine d'activité particulier (par ex. : l'économie, la politique...). C'est pourquoi nous pouvons constater une multitude de définitions parfois divergentes. La seconde raison fait référence aux caractéristiques intrinsèques de la confiance. S'il existe différents points de vue sur la confiance, c'est tout simplement parce qu'elle peut prendre diverses formes (Rousseau 1998). Aussi, la confiance peut être associée à des attentes quant au comportement d'une personne (Deutsch 1958), à un dispositif de réduction de la complexité sociale (Luhmann 1988) ou encore à un choix rationnel (Orléan 1994; Orléan 2000)... Le Tableau 5 rassemble quelques définitions de la confiance issues de la littérature et permet d'identifier leur hétérogénéité.

Dans cette partie, nous aborderons plus en détail les travaux de quatre experts afin d'aborder respectivement la confiance selon les approches sociologique, économique, socio-psychologique et socio-politique.

Tableau 5. Quelques définitions de la confiance

Auteur	Domaine	Définition de la confiance
Julian B. Rotter	Psychologie	La confiance interpersonnelle est définie [...] comme une attente maintenue par un individu ou un groupe dans le mot, la promesse, la déclaration verbale ou écrite d'un autre individu ou groupe sur lequel il peut compter. (Rotter 1967), p. 651
Roxane Zolin et al.	Sociologie, Management en Construction	La confiance est le facteur décisif dans un processus social qui mène à une décision d'accepter un risque qu'une autre partie satisfasse ou non à certaines attentes comportementales. (Zolin 2000), p. 4
Diego Gambetta	Sociologie	La confiance (et de manière symétrique, la méfiance) est un niveau particulier de probabilité subjective avec laquelle un agent évalue qu'un autre agent ou groupe d'agents exécutera une action particulière, à la fois avant qu'il puisse contrôler une telle action (ou indépendamment de sa capacité à avoir déjà été capable de la contrôler), et dans un contexte qui affecte sa propre action. (Gambetta 2000), p. 217

Roger C. Mayer et al.	Sciences de gestion	La volonté pour une partie d'être vulnérable aux actions d'une autre partie basée sur l'espérance que l'autre partie réalisera une action particulière importante pour le Trustor, sans tenir compte de la capacité à surveiller ou contrôler cette autre partie. (Mayer et al. 1995), p. 712
Niklas Luhmann	Sociologie	La confiance décidée est une solution aux problèmes spécifiques posés par le risque. (Luhmann 2001), p. 18
Morton Deutsch	Psychologie	On peut dire d'un individu qu'il a confiance dans l'occurrence d'un événement, s'il s'attend à son occurrence, et si son attente mène à un comportement qu'il perçoit comme ayant de plus grandes conséquences motivationnelles négatives si l'attente n'est pas confirmée, que de conséquences motivationnelles positives si elle est confirmée. (Deutsch 1958), p. 266
Mc Evily	Sciences de gestion	La confiance est conceptualisée comme une espérance qui est perceptuelle ou qui relève d'une attitude, comme la volonté d'être vulnérable qui reflète l'attitude ou l'intention, et comme la prise de risque qui est une manifestation comportementale. (McEvily et al. 2003), p. 93
Alistair Sutcliffe	Sciences informatiques	La confiance peut être vue comme un type de police d'assurance destinée à rendre gérable une relation dans laquelle il existe des doutes quant aux intentions d'une autre partie. (Sutcliffe 2006), p. 6
Gareth R. Jones et Jennifer M. George	Sciences de gestion	La confiance est un concept psychologique dont l'expérience est le résultat de l'interaction des valeurs des gens, des attitudes, des dispositions et des émotions. (Jones et al. 1998), p. 532
Barbara Adams	Psychologie, R&D pour la défense	La confiance est un état psychologique supposant des attentes assurées positives en ce qui concerne la compétence, la bienveillance, l'intégrité et la prévisibilité d'une autre personne, et la volonté d'agir sur base de ces attentes. (Adams 2005), p. 3
Russel Hardin	Sciences politiques	La confiance existe quand une des parties inscrite dans la relation pense que l'autre partie trouve une motivation à agir dans son intérêt, ou que ses intérêts lui tiennent à cœur. (Cook et al. 2005), p. 2
Oliver E. Williamson	Économie	X confère une confiance personnelle dans Y si X refuse consciemment de contrôler Y, est prédisposé à imputer de bonnes intentions à Y quand les choses tournent mal [...]. (Williamson 1993), p. 483
Denise M. Rousseau et al.	Psychologie	La confiance est un état psychologique intégrant l'intention d'accepter la vulnérabilité basée sur des attentes positives en ce qui concerne les intentions ou le comportement d'un autre. (Rousseau 1998), p. 395
Lynne Zucker	Sociologie	La confiance est définie comme un groupe d'attentes partagées par tous les individus impliqués dans un échange. (Zucker, p. 54)

L'hétérogénéité de ces approches multidisciplinaires nous conduit à extraire quatre courants de pensée qui nous seront utiles afin d'identifier l'apport de la schématique de la confiance à notre domaine d'étude de la coordination de chantier.

2.1.1. Niklas Luhmann, une approche sociologique de la confiance

Niklas Luhmann (Sociologue allemand, 1927-1998) est l'auteur d'un des ouvrages incontournables lorsque l'on s'intéresse à la thématique de la confiance : « Vertrauen. Ein Mechanismus der Reduktion sozialer Komplexität ⁴⁷ ». Dans cet ouvrage, l'hypothèse essentielle que formule Luhmann est que la confiance constitue un « *mécanisme de réduction de la complexité sociale* » sans lequel l'homme ne pourrait interagir avec son environnement.

« La confiance au sens le plus large du terme, c'est-à-dire le fait de se fier à ses propres attentes, constitue une donnée élémentaire de la vie en société. Certes, l'homme a, en de nombreuses situations, le choix d'accorder ou non sa confiance à divers égards. Mais, s'il ne faisait pas confiance de manière courante, il n'arriverait même pas à quitter son lit le matin. Une angoisse indéterminée, une répulsion paralysante l'assailliraient » (Luhmann 1968), p. 1.

Aussi, pour Luhmann, la confiance constitue une alternative à cette angoisse paralysante. Lorsqu'il aborde le moment de l'engagement dans la confiance, il repositionne ses propos par rapport aux processus de prise de décision. L'acteur confronté au monde se doit d'agir bien qu'il ne puisse saisir qu'une partie de sa complexité. Dans ce contexte, la confiance permet d'envisager une « *rationalité plus complexe* ».

Considérant les organisations structurées et la planification rationnelle, il souligne que les décisions ne peuvent être prises avec une totale assurance de leurs effets. La confiance permet dès lors d'absorber les incertitudes qui persisteraient. Dans ces structures, des rôles tels que le gestionnaire en chef⁴⁸ sont dévolus à cette tâche. Les actions à mener par ce type d'acteur ne peuvent être précisément identifiées a priori et dès lors, il n'est possible d'évaluer leur performance sur base de leurs résultats et une fois l'action accomplie. Il faut néanmoins s'engager de manière préalable et la confiance (dans le succès futur) permet de dépasser ce problème temporel. En cas d'échec, la confiance leur serait naturellement retirée.

« Le problème de la complexité est ainsi décomposé et donc, amoindri : l'un a confiance, de manière anticipatoire, dans le fait que l'autre maîtrisera avec succès des situations ambiguës, qu'il réduira donc la complexité, et l'autre, par cette confiance qui lui est accordée, a effectivement plus de chances de réussir. » (Luhmann 1968), p. 28.

Les travaux de Luhmann établissent également un lien entre la notion de risque et celle de confiance. En effet, lorsqu'un acteur s'engage dans une relation de confiance, il agit en sachant qu'en réalité, il ne dispose pas de l'ensemble des informations qui lui seraient nécessaires afin de garantir le succès de l'action. Dans le cas où l'acteur serait victime d'un manque de loyauté, il pourrait ne jamais atteindre l'objectif escompté. Le risque prend par conséquent une position centrale dans la définition de la confiance. Luhmann identifie plusieurs formes de confiance

⁴⁷ Traduction française de l'ouvrage: Luhmann, N. (1968). "La confiance, Un mécanisme de réduction de la complexité sociale", Ed. Etudes sociologiques. Paris, Economica.

⁴⁸ Luhmann n'y fait pas référence, mais nous pouvons évoquer les rôles d'architecte ou de coordinateur-pilote dans le secteur AIC (Architecture, Ingénierie et Construction) .

parmi lesquelles la notion de risque permet de faire la distinction : la *familiarité*, la *confiance assurée* (*Confidence*) et la *confiance décidée* (*Trust*) (Luhmann 2001).

- La **familiarité** : la familiarité est un fait inévitable, notre familiarité avec les choses ou les personnes nous permet d’anticiper leur comportement. Nous pouvons nourrir des attentes quant à un comportement futur sur base de leur comportement passé (Quéré 2001), p. 138. Dans la familiarité, il n’y a pas de place pour l’incertitude, il ne s’agit dès lors pas de confiance au sens de Luhmann.
- La **confiance assurée** : la confiance assurée est une confiance que l’on peut qualifier de spontanée, d’immédiate (Quéré 2001), p. 138. Dans ce type de confiance, nous sommes assurés que nos attentes ne seront pas déçues. Bien que nous formions des attentes par rapport aux évènements contingents, nous ne tenons pas compte de la possibilité qu’elles soient déçues : « *Vous êtes assurés (confident) que vos attentes ne seront pas déçues : que les hommes politiques essaieront d’éviter la guerre, que les voitures ne tomberont pas en panne, ou qu’elles ne quitteront pas soudainement la route pour venir vous renverser alors que vous faites votre promenade du dimanche après-midi* » (Luhmann 2001), p. 21.
- La **confiance décidée** : cette forme de confiance présuppose une situation de risque et requiert un véritable engagement. Dans la confiance décidée, et contrairement à la confiance assurée, une action est envisagée en préférence à d’autres et en connaissance de la possibilité d’être déçu. La confiance décidée est un acte rationnel basé sur une véritable évaluation des risques, et non pas sur une conscience du danger potentiel. N. Luhmann illustre ce type de confiance par l’exemple suivant : « *Vous pouvez acheter une voiture d’occasion qui s’avèrera être une « épave ». Vous pouvez engager ou ne pas engager une baby-sitter pour la soirée et lui confier votre appartement sans surveillance ; elle pourra aussi être une « catastrophe* » (Luhmann 2001), p. 21.

Le Tableau 6 issu des travaux de Jean-Claude Usunier résume les principales caractéristiques permettant de distinguer les formes de confiance assurée et décidée.

Tableau 6. Confiance assurée et confiance décidée (Usunier 2000)

Confiance assurée	Confiance décidée
<i>Confidence</i>	<i>Trust</i>
<i>Confiance-sentiment</i>	<i>Confiance-acte</i>
Avoir un sentiment de confiance	Faire (acte de) confiance
Statique/état	Dynamique/processus
Spontané (mélange d’affectif et de raison)	Réfléchi (rationnel à la base)
Représentations individuelles et sociales	Observation et anticipation

2.1.2. Oliver E. Williamson, une approche économique de la confiance

L’approche d’Oliver E. Williamson⁴⁹ en matière de confiance s’inscrit dans la perspective de la théorie du choix rationnel. Déterminante en économie, cette théorie présuppose que les individus sont des agents cherchant à maximiser le profit ou tout au moins cherchant à réduire

⁴⁹ Oliver E. Williamson est professeur émérite à l’Université de Californie où il enseigne les cours d’économie et le droit.

au minimum les pertes lors de transactions économiques. Le contrat est donc dans ce contexte une source de failles qui peut à chaque instant être exploitée par les agents privilégiant un comportement opportuniste.

La thèse de Williamson réfute les approches économiques qui envisagent une approche calculée de la confiance qui reposerait exclusivement sur un choix raisonné (pour ex. voir (Dasgupta 2000)). Selon lui, l'idée même d'une « Confiance calculée » est un non-sens. En effet, il précise que l'objet de l'économie des coûts de transaction (dans laquelle il place son argumentation) est d'étudier les aspects contractuels liés aux clauses de protection ou à leur absence, et non pas à la confiance ou son absence. On ne peut dès lors envisager d'utiliser la notion de confiance en vue de décrire les échanges commerciaux supportés par des clauses de protection rentables, il s'agirait d'un abus de langage (Williamson 1993), p. 463.

La vision de Williamson de la confiance est plus idéaliste que celle de ses pairs, car il envisage une « Nearly Noncalculative Trust », littéralement « une confiance presque non calculée » qui écarte l'hyper-rationalité des contrats exhaustifs au profit de la confiance, et par conséquent d'une limitation de l'approche calculée. Il est en effet parfois préférable de limiter le calcul pour préserver une relation de confiance ou encore pour éviter d'établir une étude détaillée des profits et des pertes potentielles.

Aussi, cette analyse permet à Oliver E. Williamson de distinguer 3 types de confiance (Williamson 1993) : la confiance calculée, la confiance personnelle et la confiance institutionnelle.

- La **confiance calculée** que Williamson perçoit comme intrinsèquement ambiguë est issue d'une évaluation rationnelle des coûts, des risques et des protections mises en œuvre.
- La **confiance personnelle** est une confiance « presque non-calculée » qui est garantie uniquement dans le cadre de relations privilégiées (ex. la famille, les amis...) et pour lesquelles intégrer une approche calculée pourrait sérieusement les dégrader.
- La **confiance institutionnelle** fait référence à l'environnement à la fois social et organisationnel dans lequel le contrat s'inscrit. En effet, les protections relatives aux transactions sont directement liées à l'environnement institutionnel dans lequel la transaction se déroule. Dès lors, le fait d'être calculateur finit toujours par réapparaître.

Nous rejoignons l'idée partagée par plusieurs auteurs, dont (Nooteboom et al. 1997) et (Wicks et al. 1999), que calcul et confiance ne sont pas à envisager de manière dissociée, mais plutôt de manière conjointe :

«Le calcul vise à prévoir le comportement du Trustee et se fonde sur des éléments comme la réputation, les performances passées, les risques perçus de perte et l'évaluation de leurs conséquences. Mais le mélange de calcul et de non-calcul est évident dans « trust » car une fois que tout a été calculé, il faut bien s'en remettre au jugement pour tout ce qui n'est pas calculable.» (Usunier 2000), p. 24.

2.1.3. Morton Deutsch, une approche socio-psychologique de la confiance

Morton Deutsch est un expert de la psychologie sociale dont les travaux concernent principalement la résolution des conflits. Ses travaux sur la confiance nous intéressent particulièrement car ils traitent de la confiance dans le cadre de la coopération.

Dans son article (Deutsch 1962), il propose une définition fréquemment citée dans la littérature sur la confiance.

« Les caractéristiques essentielles d'une situation dans laquelle l'individu est confronté au choix de faire confiance ou non dans le comportement d'une autre personne sont à mon avis les suivantes :

(a) L'individu est confronté à une voie ambiguë, une voie qui peut mener à un événement perçu comme étant bénéfique (Va+) ou à un événement perçu comme étant nuisible (Va-) ;

(b) Il perçoit que l'occurrence de Va+ ou de Va- dépend du comportement d'une autre personne ;

(c) Il perçoit l'intensité de Va- comme étant plus grande que l'intensité de Va+.

S'il choisit de prendre une voie ambiguë avec de telles propriétés, je dirai qu'il fait le choix de la confiance, s'il choisit de ne pas emprunter cette voie, il fait le choix de la méfiance. », Traduction de (Deutsch 1962), p. 303.

Considérons l'exemple, largement répandu dans la littérature sur la confiance, des parents confiant leur enfant à la baby-sitter :

(a) Ils sont conscients que leur choix peut mener à des événements positifs mais également négatifs ;

(b) Ils perçoivent que les conséquences de leur choix seront conditionnées par le comportement de la baby-sitter ;

(c) Ils perçoivent également que les conséquences d'événements négatifs pourraient leur causer plus de tort que si la confiance était honorée.

Cette définition de la confiance met en évidence deux aspects essentiels (Marsh 1994), p. 26 :

-Elle renvoie à la notion de perception de la situation. Elle implique que la confiance est centrée sur l'individu et que le choix est basé sur une analyse subjective de la situation.

-Elle fait référence à un ratio coûts/bénéfices. Deutsch suggère en effet que le choix de la confiance repose sur une sorte d'analyse des coûts et des bénéfices.

Morton Deutsch précise que le choix de la confiance repose en outre sur l'assurance d'un individu que c'est bien l'événement attendu qui va se produire, et non pas les événements qu'il craint. La confiance réside donc sur une perception individuelle du contexte et sur l'intime conviction que seul l'événement attendu peut se produire. Lorsqu'une personne fait confiance à une autre, elle a le sentiment que cette personne ne lui causera pas de tort, et qu'elle est en quelque sorte « obligée » d'agir de manière bienveillante.

« Quand nous disons qu'une Personne I fait confiance à une Personne II pour faire quelque chose, nous insinuons généralement que II est conscient de la confiance de I. En outre, nous induisons que lorsque II ne se comporte pas conformément à la confiance de I, II abandonne I ; II cause du tort à I. C'est pourquoi la Personne I n'a pas seulement confiance dans le fait que II aura un certain comportement, il perçoit que II est, d'une certaine manière, obligée de satisfaire sa confiance. », Traduction de (Deutsch 1958), p. 267.

Enfin, dans ses travaux, Morton Deutsch cherche à reproduire des situations expérimentales afin d'analyser la manière dont se crée la confiance. Pour ce faire, il se base sur une application de la théorie des jeux⁵⁰. Ses expérimentations lui permettent de conclure les éléments suivants (Deutsch 1958), pp. 278-279 :

1. Il est possible de capturer le phénomène de confiance en laboratoire et de l'étudier de manière expérimentale.
2. La confiance mutuelle apparaît plus probable lorsque les individus s'orientent de manière absolue vers un comportement bienveillant envers les autres.
3. Les caractéristiques situationnelles peuvent faciliter le développement de la confiance, caractéristiques parmi lesquelles nous pouvons citer :
 - L'opportunité pour chaque personne de savoir ce que l'autre personne fera avant qu'elle ne s'engage de manière irréversible dans un choix de confiance.
 - L'opportunité et la capacité de communiquer pleinement un système de coopération qui définit d'une part, les responsabilités mutuelles, et d'autre part, la procédure pour retourner à une situation limitant les inconvénients en cas de violation.
 - Le pouvoir d'influencer le résultat d'une autre personne, et donc de réduire un avantage quelconque qu'il pourrait avoir en se comportant d'une manière qui ne serait pas digne de confiance.
 - La présence d'une personne tierce qui serait garante de la relation de confiance de sorte que la violation de la confiance par un individu se ferait au détriment de ses propres intérêts envers cette personne tierce.

2.1.4. Russel Hardin, une approche socio-politique

Russel Hardin (Politologue et Professeur en sciences politiques à l'Université de New York et de Stanford) porte un point de vue particulier sur la confiance dans les sociétés démocratiques modernes. Ses travaux portent sur l'action collective et le choix rationnel. Aussi, son analyse de la confiance s'inscrit dans une volonté de définir une théorie rationnelle de la confiance. Il suggère la définition de la confiance interpersonnelle suivante (Voir Figure 17) :

⁵⁰ La théorie des jeux, largement exploitée en économie, permet une approche mathématique pour analyser les stratégies individuelles lors de la coopération. Elle est souvent illustrée par le « dilemme du prisonnier ». Il s'agit d'un jeu dans lequel deux prisonniers sont suspectés d'un crime et mis en détention. Lors de l'interrogatoire individuel, le procureur leur indique que deux possibilités s'offrent à eux : faire des aveux ou non. Si les deux prisonniers n'avouent pas le crime, ils seront condamnés à un délit mineur. S'ils avouent tous les deux, ils seront condamnés à la sentence minimale pour leur délit. Toutefois, si seul l'un des deux avoue, il sera relaxé tandis que le dernier se verra attribué la peine maximale.

« Un acteur A fait confiance à un autre acteur B en ce qui concerne l'objet x, ou les objets x...z dans une situation S », Traduction de (Cook 2005), p. 20.

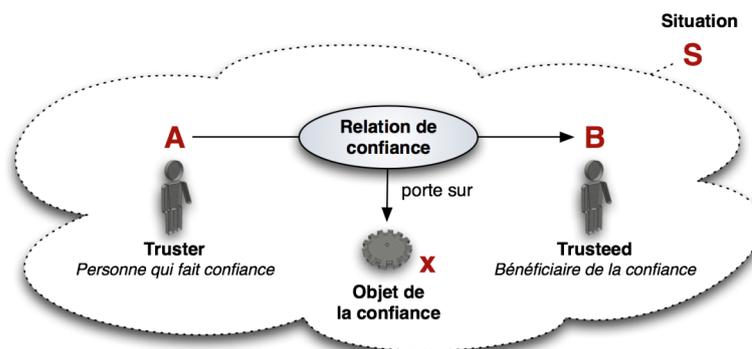


Figure 17. La relation tripartite de la confiance

Au travers de cette définition, Russel Hardin précise le caractère limité de la relation de confiance. Il détermine que cinq éléments principaux permettent de fournir une définition rationnelle de la confiance (Hardin 2006), p. 91 :

- La confiance est une relation qui unit un acteur qui fait confiance (Truster ou Trustor)⁵¹, un bénéficiaire de cette confiance (Trusteed ou Trustee) et un objet, qui constitue l'enjeu de cette confiance.
- Le bénéficiaire a un certain intérêt à se montrer digne de confiance.
- Le bénéficiaire peut toutefois ignorer cet intérêt et décider de ne pas honorer la confiance. Un risque de défaillance du bénéficiaire est par conséquent toujours possible.
- La confiance est cognitive, elle est fonction de la pertinence de la connaissance dont on dispose sur l'acteur bénéficiaire, et en particulier sur les raisons qui feraient en sorte qu'il se conduise de manière digne de confiance.
- La confiance est un terme primitif, c'est-à-dire qu'elle est réductible à d'autres termes (Cfr. les modèles de la confiance basés sur la théorie des jeux).

Il précise également l'importance de la perception de la fiabilité du bénéficiaire de la confiance et la notion d'enchâssement des intérêts des deux acteurs.

« On dit d'un acteur A qu'il fait confiance à B (ou un agent d'une plus large communauté) dans une situation S quand A croit que B est fiable en ce qui concerne l'objet considéré (x...z). En particulier, A croit que les intérêts de B enchâssent ses propres intérêts. Ça implique que A connaît ou peut évaluer la fiabilité de B en ce qui concerne x dans des situations telles que S. Les jugements relatifs à la fiabilité de B supposent des jugements effectués par A (the truster) basés sur les évaluations de B (the trusteed), de la nature de x (l'objet de la relation de confiance), et des caractéristiques de la situation dans laquelle la relation est incorporée. », Traduction de (Cook 2005), p. 20.

⁵¹ Les termes de « Tuster » et de « Trusteed » sont les termes employés par Russel Hardin. Dans la suite de nos travaux, nous leur préférons les termes de « Trustor » et de « Trustee » plus répandus dans la littérature sur la confiance.

Cette notion d'enchâssement des intérêts est particulièrement intéressante car elle permet de distinguer l'approche de Russel Hardin d'autres approches qui se limitent à l'identification d'une attente que le bénéficiaire de la confiance devrait combler, mais qui ne considère pas l'intérêt pour lui d'honorer cette confiance (Par ex. (Deutsch 1962)). Le bénéficiaire pourrait être bienveillant, notamment parce qu'il tient à préserver sa réputation dans ses rapports avec autrui. La réputation est en effet centrale dans cette approche de la confiance. « *Une bonne réputation incite les autres à vous choisir dans des entreprises coopératives qui sont dans votre intérêt.* » (Hardin 2006), p. 104. Toutefois, les relations ne restent pas sans risque, et l'évaluation de la fiabilité du bénéficiaire sera d'autant plus importante que le risque encouru sera élevé. On cherchera dans de tels cas le soutien, notamment des institutions, en vue de garantir la coopération.

2.1.5. La confiance et ses concepts : une synthèse

L'analyse de ces travaux théoriques sur la confiance nous permet désormais de caractériser la notion de confiance. Le Tableau 7 synthétise, pour chaque auteur analysé dans la section 2.1, les concepts-clés de l'approche.

Tableau 7. Synthèse des concepts de la confiance

Auteur	Discipline	Concepts-clés de l'approche
Niklas Luhmann	Sociologie	Mécanismes de réduction de la complexité sociale Risque Confiance assurée Confiance décidée
Morton Deutsch	Psychologie	Perception de la situation Attente vis-à-vis du comportement d'un autre
Oliver E. Williamson	Économie	Confiance calculée Confiance personnelle Confiance institutionnelle
Russel Hardin	Sciences politiques	Relation tripartite Trusteur-Trusté-Objet Fiabilité Intérêts enchâssés Réputation

Cette analyse couvrant des domaines de recherche hétérogènes (sociologie, psychologie, économie, et sciences politiques) nous permet d'entrevoir la confiance comme une relation entre un Trusteur et un Trusté. Cette relation est inscrite dans une situation telle que les connaissances dont dispose le Trusteur lui permettent de formuler des attentes positives quant au comportement du Trusté. En faisant le choix de la confiance, le Trusteur pense pouvoir estimer le comportement du Trusté de manière anticipatoire bien qu'il soit conscient qu'il prenne le risque que la confiance ne soit pas honorée.

Dans notre synthèse, nous proposons de retenir que la relation de confiance s'établit en deux temps : la perception de la situation et la prise de décision d'agir en confiance (Voir Figure 18).

-La **perception de la situation** constitue une phase essentielle car elle permet au Trustor de déterminer si, selon lui, le Trustee est fiable pour atteindre de manière positive l'objet de la confiance. Cette perception prend en compte les aspects contextuels liés au Trustee et à l'objet de la confiance. Elle est directement liée à la connaissance dont le Trustor dispose en vue d'évaluer la fiabilité du Trustee dans ce contexte particulier. Parmi ces connaissances, nous pouvons dissocier les connaissances relatives à l'objet de la confiance telles que les risques, les avantages, la motivation du Trustor, etc. et les connaissances relatives au Trustee telles que ses compétences, sa fiabilité, sa réputation, son intégrité, sa bienveillance (Mayer 1995), etc. Nous soulignerons que l'idée même d'une perception de la situation renvoie à l'idée d'une analyse subjective, en l'occurrence établie par le Trustor. En outre, les expériences menées antérieurement avec le Trustee contribueront à affiner les connaissances à son sujet et à ajuster la fiabilité perçue.

-La prise de **décision de confiance** vise à agir en toute confiance. Lorsque le Trustor agit de la sorte, il se rend vulnérable aux yeux du Trustee car il lui délègue l'objet de la confiance. Il est nécessaire de préciser qu'agir en confiance dépasse la rationalité économique. En effet, le Trustor, en faisant ce choix, est conscient du fait que dans la mesure où la confiance ne serait pas honorée, les conséquences néfastes pourraient dépasser le gain d'une situation où la confiance serait respectée.

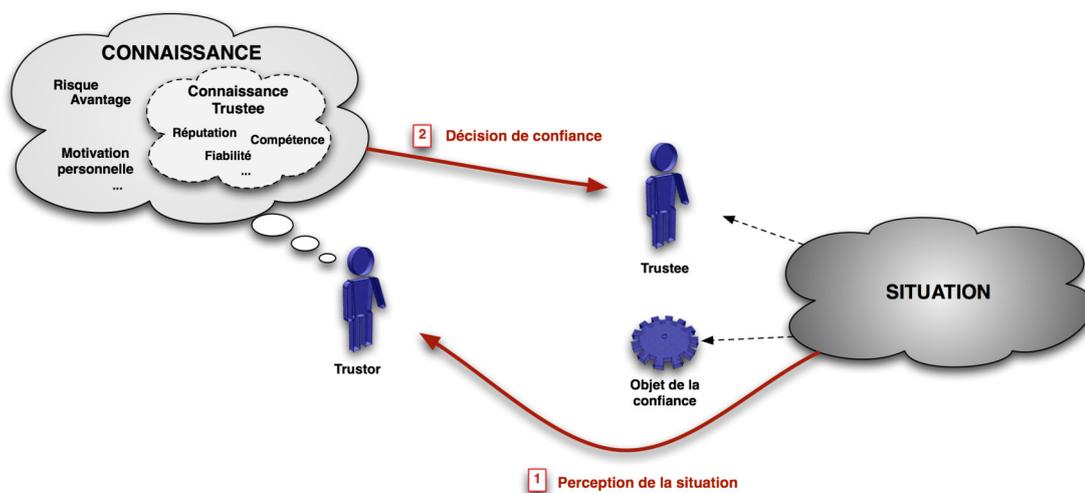


Figure 18. Les concepts de la confiance

Nous préciserons enfin que, bien que nous ayons jusqu'ici principalement abordé la confiance interpersonnelle considérant que le Trustee est une personne, nous pouvons étendre la relation de confiance à une organisation, mais aussi aux artefacts, aux produits, aux informations, aux processus et aux données (Sutcliffe 2006), p. 10.

2.2. La confiance et sa génération dans le cadre de l'activité collective liée au chantier

Cette partie pose la question de la confiance dans le cadre de l'activité de chantier. Nous traiterons de la manière dont elle se construit, en abordant ses fondements, ainsi que le processus dans lequel elle s'inscrit. Nous poursuivrons également l'analyse menée section 1.4.1 en étudiant les caractéristiques de la confiance au sein des différentes configurations de l'organisation identifiées.

2.2.1. Les fondements de la confiance au sein des organisations dans le contexte de l'activité de chantier

Au sein du secteur AIC, et selon l'analyse que nous avons fournie dans le chapitre 1, nous pouvons déjà esquisser les éléments qui vont agir telles des garanties de confiance. Nous pouvons par exemple établir que la parole donnée, les contrats, les labels, les certifications et les références, etc. sont autant de systèmes « traditionnels » par lesquels la confiance peut être créée au sein d'une activité de chantier. Nous précisons toutefois que les spécificités du secteur peuvent également constituer des freins à la confiance, nous citerons pour exemple, la concurrence entre les acteurs sur certains projets, le contexte singulier de l'acte de bâtir constituant des difficultés à créer des relations stables entre acteurs...

L'analyse théorique de la confiance menée dans la section 2.1 nous a permis de caractériser cette notion et de définir notre approche de la notion. Nous suggérons maintenant de nous intéresser aux conditions qui vont promouvoir la confiance au sein des organisations. Nous suggérons de catégoriser les fondements de la confiance en abordant les travaux de Lynne Zucker et Roderick Kramer qui se sont attachés à caractériser la manière dont était créée la confiance au sein des organisations.

Lynne Zucker⁵² suggère trois fondements distincts de la confiance (Zucker 1986; Mangematin 1999) :

- La **confiance basée sur les caractéristiques** (ou Confiance intuitu personae) où la confiance est liée à l'individu, et dépend de caractéristiques telles que l'appartenance à un groupe ethnique ou à une famille. Ce type de confiance est exogène à la relation, tout ce qui est nécessaire pour construire cette confiance réside dans les informations concernant la similarité sociale.
- La **confiance basée sur le processus** (ou Confiance relationnelle) où la confiance repose sur les expériences ou sur les échanges passés tel que c'est le cas pour les mécanismes liés à la notion de réputation ou encore aux relations basées sur les dons/contre-dons.
- La **confiance basée sur les institutions** (ou Confiance institutionnelle) où la confiance est basée sur une structure sociétale formelle qui repose sur les attributs spécifiques à

⁵² Lynne Zucker est sociologue et enseigne à la faculté de Sociologie de l'UCLA International Institute (USA).

l'organisation ou à l'individu (ex. certifications), ou encore sur des mécanismes d'intermédiatisation (ex. assurance).

Les travaux de Roderick M. Kramer⁵³ sur la confiance au sein des organisations ont contribué à étendre cette analyse. Aussi, dans (Kramer 1999), pp. 575-581, il synthétise les différents travaux menés sur cette thématique et il aboutit à six fondements de confiance :

-La prédisposition à faire confiance (Dispositional Trust)

Ce fondement fait référence à la prédisposition des acteurs à faire confiance. Il s'agit ici d'une approche sur la psychologie de l'individu qui s'intéresse principalement à l'origine de cette prédisposition. Nous écarterons par la suite cette catégorie de fondement de la confiance moins tangible et moins pertinente que les suivantes dans le cadre de notre approche.

-La confiance basée sur l'historique (History-Based Trust)

Ce fondement identifie le caractère dynamique de la confiance et met en évidence le fait qu'elle se construit au fil du temps et des échanges. Ainsi, la volonté de s'engager dans une relation de confiance est largement conditionnée par l'historique des relations. En effet, les expériences antérieures avec un acteur fournissent une connaissance relative à sa fiabilité, à ses motivations, etc. et permettent potentiellement de prédire son comportement futur.

Dans le secteur AIC, les expériences antérieures conditionnent fortement la confiance entre les acteurs du chantier. Le coordinateur-pilote qui a le souvenir de nombreux problèmes avec une entreprise de construction ou un bureau d'étude limitera sa confiance et fera en sorte d'augmenter le contrôle sur les points faibles en vue d'éviter des dysfonctionnements.

-Les tiers comme canaux de confiance (Third parties as conduits of trust)

Les tiers sont d'importants canaux de confiance car la rumeur diffuse une information pertinente sur la confiance que l'on peut accorder à un acteur donné. Cette connaissance, bien que « *de seconde main* », est une source de grande valeur pour évaluer la fiabilité d'un acteur. Ce fondement de la confiance est particulièrement utilisé dans les systèmes e-business (tels que e-bay, amazon...) qui basent leur approche sur les notions d'évaluation et de réputation (Voir section 2.4).

Dans le secteur AIC, les acteurs sont inscrits simultanément dans une structure interne fixe (ex. l'agence, l'entreprise...) et une (ou plusieurs) structure(s) inter-organisationnelle(s) (ex. la maîtrise d'œuvre, le chantier), constituée(s) pour la durée de chaque projet. Dès lors, les acteurs vont multiplier les occasions de relater des expériences issues de leur propre activité, de leurs propres chantiers, contribuant ainsi à construire la fiabilité perçue des intervenants. Considérons, par exemple, l'architecte qui revient d'une réunion de chantier et qui explique à ses collaborateurs à quel point il est satisfait ou insatisfait d'une entreprise de construction donnée. Ce type de propos permet aux collaborateurs de progressivement évaluer la fiabilité de cette entreprise de construction, et d'ajuster leurs actions en

⁵³ Roderick M. Kramer est professeur à l'Université de Stanford, Californie où il enseigne le « comportement organisationnel » et ses travaux de recherche portent notamment sur la psychologie sociale de la confiance et de la méfiance.

conséquence lorsqu'ils seront eux-mêmes confrontés à cette entreprise sur l'un de leurs chantiers. Nous verrons plus loin (Voir section 2.4.3) que des outils informatiques ont été développés en vue de capitaliser ces connaissances liées à la performance des acteurs du secteur du bâtiment.

-La confiance basée sur la catégorie (Category-based Trust)

La confiance basée sur la catégorie fait référence à la confiance qui est accordée à quelqu'un au regard de son inscription dans une catégorie sociale ou organisationnelle donnée. Aussi, les individus appartenant à un même groupe ont tendance à se faire mutuellement confiance. C'est le cas notamment pour des individus ayant la même profession. Pour le Trustor, le fait de partager des similarités avec des individus augmente la fiabilité perçue à ses yeux (Zolin 2000).

Dans le secteur AIC, la confiance basée sur la catégorie est particulièrement présente. Les catégories professionnelles font naître des groupes d'acteurs unis au sein desquels la confiance est accordée plus naturellement. Nous citerons pour exemple, « les architectes », les « ingénieurs », les « entreprises »... Notons que si les catégories favorisent globalement la construction de la confiance au sein du groupe, elles sont également une source potentielle d'a priori et de méfiance lorsque plusieurs catégories sont amenées à collaborer, comme cela peut être le cas sur les chantiers (voir section 1.1.1). Nous soulignerons toutefois qu'au sein d'une même catégorie, les acteurs peuvent être mis en concurrence pour certains projets et dès lors, une telle situation constitue potentiellement une source de méfiance.

-La confiance basée sur le rôle (Role-based Trust)

La confiance basée sur le rôle est une forme de confiance importante dans les organisations. Au même titre que la confiance basée sur la catégorie, la confiance basée sur le rôle est une confiance « dépersonnalisée ». En effet, le rôle qu'occupe un individu au sein d'une organisation présuppose des attentes quant au comportement et aux performances de cet individu. En outre, le fait que les rôles soient bien définis dans une structure organisationnelle contribue à favoriser la construction de la confiance. Nous emprunterons l'exemple employé par (Dawes 1994) (cité dans (Kramer 1999), p. 578) pour illustrer ce fondement de confiance : « *Nous faisons confiance aux ingénieurs parce que nous croyons que les ingénieurs sont formés pour appliquer des principes valides d'ingénierie. En outre, nous avons la preuve chaque jour que ces principes sont valides lorsque nous observons les avions voler.* ».

De même, dans le secteur AIC, la confiance basée sur le rôle est essentielle. Les acteurs du chantier se font mutuellement confiance pour réaliser la tâche qui leur est attribuée en fonction du rôle qu'ils occupent dans l'organisation (ex. architectes, ingénieurs, maître de l'ouvrage, etc.). Ainsi, le maître de l'ouvrage fera confiance à l'architecte pour assurer une conception soignée de son bâtiment et une coordination efficace du chantier. Il attendra également de lui qu'il soit son interlocuteur privilégié, qu'il l'informe en cas de problème sur le chantier, ou encore qu'il l'assiste lors de la réception du bâtiment...

-La confiance basée sur la règle (Rule-based Trust)

Les accords implicites et explicites, formels et informels concernant les pratiques d'échanges fournissent une base importante à partir de laquelle il est possible d'extrapoler la manière dont vont se comporter les autres. Cette confiance basée sur les règles est supportée dans l'organisation par un processus de socialisation au sein de la structure de règles. Roderick Kramer précise qu'une adhésion élevée à un système normatif contribue à construire une confiance mutuelle d'une qualité évidente.

Dans le secteur AIC, des groupes d'acteurs du bâtiment se sont constitués en associations dotées de règles qui conditionnent les comportements de leurs membres. Parmi ces associations, nous pouvons notamment citer l'Ordre des Architectes et son code de déontologie qui décrit les règles de comportement liées à la mission et aux devoirs de l'architecte. Tout manquement au code de déontologie se voit sanctionné. Nous pouvons également citer les organismes de certification ou de qualification (voir section 1.3.1) qui assurent un certain comportement de la part des acteurs certifiés ou qualifiés. De tels éléments permettent dès lors de renforcer la fiabilité perçue d'un intervenant en constituant en quelque sorte une garantie quant à sa conduite. Entre autre, le secteur du bâtiment bénéficie de nombreuses normes (ex. clauses techniques), certifications (ex.ISO), labels de qualité des matériaux (ex. norme NF), qualifications professionnelles (ex. Qualibat), etc. agissant comme des garanties quant au comportement des intervenants, ou des objets spécifiques.

Il importe de souligner que les différentes catégories identifiées constituent les fondements de la confiance, et non pas des types de confiance différents, et qu'à ce titre, ils peuvent se combiner lors de l'activité pour construire la confiance entre les intervenants. En outre, ces fondements peuvent être alimentés au fil de l'activité et contribuer à la dynamique de la confiance.

2.2.2. Le processus dynamique de la confiance

Jusqu'à présent, nous avons vu que la décision de confiance repose sur une perception du contexte permettant à un acteur d'évaluer la fiabilité perçue relative à un autre acteur. En outre, nous avons identifié les différents fondements de la confiance qui contribuent à influencer cette fiabilité perçue. Cette connaissance permet à l'individu d'opter pour une décision de confiance ou pour une décision de méfiance. Toutefois, cette décision n'est pas figée car la confiance s'inscrit dans un processus social, elle se construit ou se dégrade au fil des échanges entre les acteurs. Les travaux menés par Roxane Zolin⁵⁴ et al. (Zolin 2000) permettent d'inscrire l'ensemble de ces éléments dans un « modèle du processus de développement de la confiance ».

Considérons les moments-clés de ce processus :

⁵⁴ Roxane Zolin est professeur assistant à la Graduate School of Business and Public Policy de Monterey (Californie). Son domaine de recherche concerne de manière générale la confiance au sein des organisations et une partie de ses travaux (notamment ses travaux de thèse menés à l'Université de Stanford) concerne plus précisément le secteur AIC.

- **Évaluation de la fiabilité perçue** (voir Figure 19, 1)

Les connaissances relatives au Trustee concernant la catégorie, le rôle, et les tiers permettent au Trustor de déterminer la fiabilité perçue dans le comportement du Trustee.

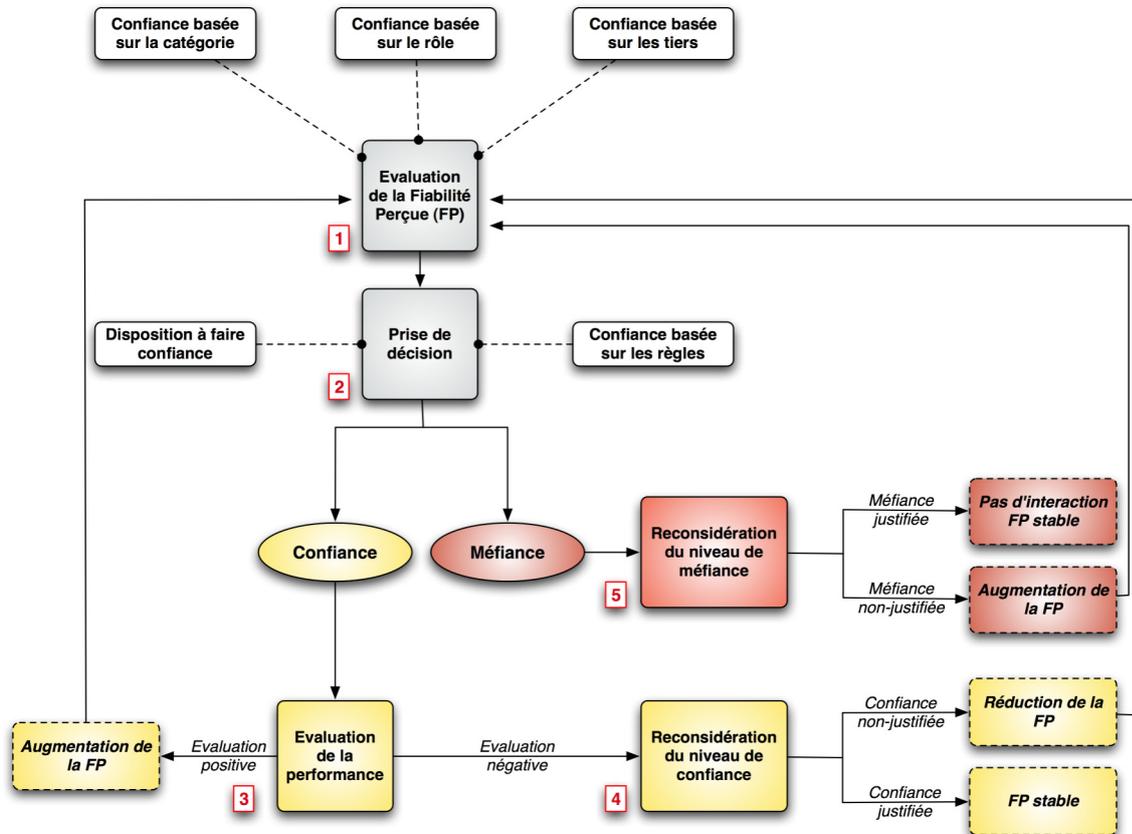


Figure 19. Le processus de développement de la confiance⁵⁵

- **Prise de décision** (voir Figure 19, 2)

La prise de décision de la confiance est basée sur trois éléments essentiels : la fiabilité perçue, la disposition à faire confiance propre au Trustor et les règles propres au contexte qui permettent l'évaluation des coûts /bénéfices. Ce moment est un moment décisif à partir duquel le Trustor s'engage. Stephen Marsh (Marsh et al. 2005) précise que le Trustor doit non seulement considérer un acteur comme fiable, mais en outre, le considérer suffisamment fiable dans le contexte donné afin de dépasser un seuil qu'il appelle « *seuil de coopération* » matérialisant le passage à l'engagement. Si tel est le cas, la décision est positive, et le Trustor fait le choix de la confiance ; si la décision est négative, le Trustor fait le choix de la méfiance.

- **Évaluation de la performance** (voir Figure 19, 3)

Le Trustor évalue pendant cette phase les performances de l'acteur en comparaison avec ses propres attentes. Si ces dernières ne sont pas déçues, l'évaluation est positive et la fiabilité perçue, et par conséquent la confiance, augmentent. Au contraire, si l'évaluation de la

⁵⁵ Schéma établi sur base de Zolin, R., Levitt, R. E., Fruchter, R. and Hinds, P. J. (2000). "Modeling & Monitoring Trust in Virtual A/E/C Teams, A Research Proposal". Stanford University, Stanford., page 19.

performance est négative, les attentes du Trustor sont déçues et il faut dès lors reconsidérer le niveau de confiance.

-Reconsidération du niveau de confiance (voir Figure 19, 4)

Dans une telle situation, le Trustor doit s'assurer que la confiance était justifiée. Si la confiance n'était pas justifiée, la fiabilité perçue se voit réduite. Si la confiance était justifiée, la fiabilité perçue reste stable bien que les performances aient été décevantes.

-Reconsidération du niveau de méfiance (voir Figure 19, 5)

Cette phase, souvent peu considérée, prend en compte le fait que la décision de méfiance n'est pas figée, et que des éléments nouveaux peuvent entrer en compte dans le processus de décision. Le Trustor peut en effet recevoir de nouvelles informations à propos du Trustee et de ses compétences et l'amener à reconsidérer son choix. Dans ce cas, la méfiance ne serait plus justifiée et la fiabilité perçue serait augmentée. Si néanmoins, la méfiance se voyait confortée, la fiabilité perçue ne changerait pas et constituerait un frein à la coopération.

2.2.3. Les caractéristiques de la confiance au sein de l'organisation de chantier

Nous avons vu précédemment que les configurations des organisations propres au chantier sont qualifiées par les interdépendances entre les acteurs (voir (Thompson 1967) – section 1.4.1.2). Selon (Zolin 2000), ces interdépendances (voir Figure 14, p. 54) permettent de déterminer les conditions requises pour préserver la confiance dans une activité de construction. Aussi, les conditions cumulatives⁵⁶ suivantes sont mises en évidence :

- Dans ***l'interdépendance de communauté***, la confiance repose sur le fait que tous les acteurs vont contribuer à fournir la quantité et la qualité des résultats dans les délais impartis.
- Dans ***l'interdépendance séquentielle***, la confiance repose en outre sur le fait que les acteurs en aval du processus fourniront les informations relatives aux urgences, que les acteurs en amont du processus informeront de l'incapacité à atteindre les spécifications ou les délais et enfin, que les acteurs en aval du processus fourniront un juste retour de la qualité des résultats transmis par les acteurs amont.
- Dans ***l'interdépendance réciproque***, la confiance repose en outre sur le fait qu'en cas de problème, les acteurs se fourniront mutuellement les informations relatives à l'impact de solutions envisagées sur les tâches dont ils ont la charge en matière de coût, de délais, et de qualité . En outre, les acteurs se font mutuellement confiance pour considérer des solutions pertinentes à la fois pour les deux tâches.

⁵⁶ Les conditions à considérer pour chaque type d'interdépendance sont cumulatives, c'est-à-dire que les conditions valables pour l'interdépendance de communauté sont valables pour toutes les autres, et que les conditions valables pour l'interdépendance séquentielle le sont aussi pour l'interdépendance réciproque.

En outre, (Zolin 2000) suggère que l'évolution et la sensibilité sont des aspects caractéristiques de la confiance. L'évolution détermine « *la rapidité avec laquelle une personne décide que quelqu'un est digne de confiance* ». Quant à la sensibilité, elle correspond au « *degré avec lequel le projet peut être affecté de manière défavorable par une mauvaise décision de confiance* ».

Aussi, les situations les plus néfastes en termes de confiance sont celles auxquelles correspondent une évolution lente et une forte sensibilité, tandis que les situations les plus favorables sont caractérisées par une rapide évolution et une faible sensibilité.

La Figure 20 caractérise la confiance dans les trois types d'organisation identifiés dans le cadre de l'activité de chantier (voir section 1.4.1.1).

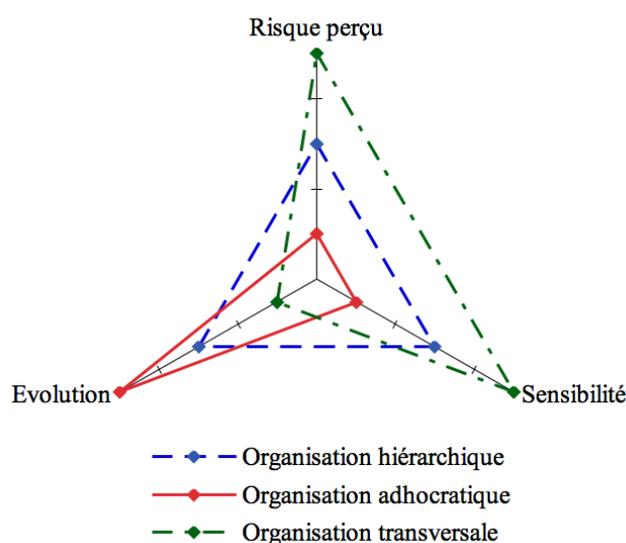


Figure 20. Caractéristiques de la confiance au sein des organisations

La configuration hiérarchique constitue la configuration intermédiaire, moyennement favorable pour la production de confiance. La configuration adhocratique constitue la forme la plus favorable, car la fréquence d'interaction élevée permet rapidement de créer de la confiance sur des bases solides. Enfin, l'organisation transversale apparaît la plus désavantageuse pour la production de la confiance car il s'agit de la forme dans laquelle la fréquence d'interaction est la plus faible, et dès lors le risque perçu est élevé.

Comme nous l'avons vu dans la section 1.4.2, l'activité du coordinateur-pilote qui nous intéresse particulièrement dans le cadre de ce travail de thèse s'inscrit particulièrement dans une configuration de l'organisation de type « hiérarchique » ou « adhocratique ». La configuration « hiérarchique » désigne la situation la moins favorable du point de vue de la confiance. Nous nous focaliserons sur cette configuration dans la suite de ce travail et nous chercherons à instrumenter la confiance comme support à la coordination.

Enfin, le Tableau 8 établit une synthèse de l'analyse et suggère une extension du Tableau 4 (p. 57) présenté section 1.4.1.2. Il intègre les fondements de la confiance qui prédominent dans chacune des organisations, et les met en relation directe avec les mécanismes de coordination existants :

- La **configuration hiérarchique** privilégie la confiance basée sur le rôle et sur la catégorie. Dans une structure caractérisée par une division du travail précise, le rôle et l'appartenance à une catégorie d'acteurs donnée constituent les éléments prédominants dans la production de la confiance. Nous citerons pour exemple, afin d'illustrer ce type d'organisation, la réunion de chantier animée par le coordinateur-pilote. Dans un tel contexte, la confiance est fortement influencée par le rôle des acteurs présents car la confiance dans chacun des intervenants réside dans l'attente d'une certaine performance. La confiance est en outre largement influencée par la catégorie à laquelle ils appartiennent (par ex. la maîtrise d'ouvrage, la maîtrise d'œuvre ou encore les entreprises de construction) et qui laisse présager d'un certain comportement.
- La **configuration adhocratique** est caractérisée par un mécanisme de coordination prédominant : l'ajustement mutuel. Elle se distingue par une fréquence d'interaction élevée qui permet de favoriser la confiance basée sur les expériences antérieures. Les échanges multiples favorisent l'anticipation du comportement et permettent d'ajuster la fiabilité perçue. Nous illustrerons ce type d'organisation par un ajustement sur chantier entre deux ouvriers qui doivent s'accorder sur la manière de réaliser un ouvrage et sur ce que doit faire chacun. Les interactions entre les ouvriers du chantier sont fréquentes. Elles leur permettent naturellement d'évaluer la fiabilité perçue des uns et des autres et de capitaliser sur les expériences vécues de manière à anticiper les comportements.
- La **configuration transversale** est caractérisée par la prédominance de la standardisation. Il semble dès lors naturel que la confiance privilégie des modes de production tels que les règles, les normes, les contrats, etc. De plus, cette configuration est caractérisée par une faible fréquence d'interaction. La confiance bénéficie par conséquent d'un contexte relativement défavorable à sa production. Néanmoins, la réputation constitue une bonne garantie de la fiabilité de l'acteur. Nous citerons, pour exemple, le fournisseur d'éléments préfabriqués pour le chantier dont la production relève d'un cahier des charges précis, voire de normes de conformité. Le chef de chantier n'a jamais eu l'occasion de travailler avec cette entreprise, toutefois, la bonne réputation dont elle jouit fait qu'il l'estime digne de confiance.

Tableau 8. Caractéristiques des organisations et de la confiance sur les chantiers de construction

Configuration de l'organisation	Mécanisme de coordination	Interdépendance	Fondement de la confiance
Configuration hiérarchique	Supervision directe	Interdépendance séquentielle	Confiance basée sur le rôle Confiance basée sur la catégorie
Configuration adhocratique	Ajustement mutuel	Interdépendance réciproque	Confiance basée sur les expériences antérieures
Configuration transversale	Standardisation des résultats Standardisation des qualifications	Interdépendance de communauté	Confiance basée sur les règles, les normes, les contrats... Confiance basée sur la réputation

2.3. La confiance et le contexte de l'activité collective

2.3.1. La notion de contexte dans la confiance

Nous avons vu que la décision de confiance était relative à la perception de la situation à un moment donné (Deutsch 1962). Aussi, l'exemple simple ci-dessous (voir Figure 21) issu de (Chang et al. 2006), p. 29 permet d'illustrer la dépendance de la confiance à la situation et précise le fait que la confiance n'est pas absolue. En effet, on peut faire confiance à un acteur donné dans un contexte donné, mais pas nécessairement dans un autre contexte. Dans notre exemple, la confiance qu'Alice a dans Bob dans les contextes 1 et 2 sont de niveaux différents. En effet, Alice fait confiance à Bob et le considère fiable en ce qui concerne le prêt de sa voiture, mais il n'en est pas de même si elle devait lui prêter sa carte de crédit.

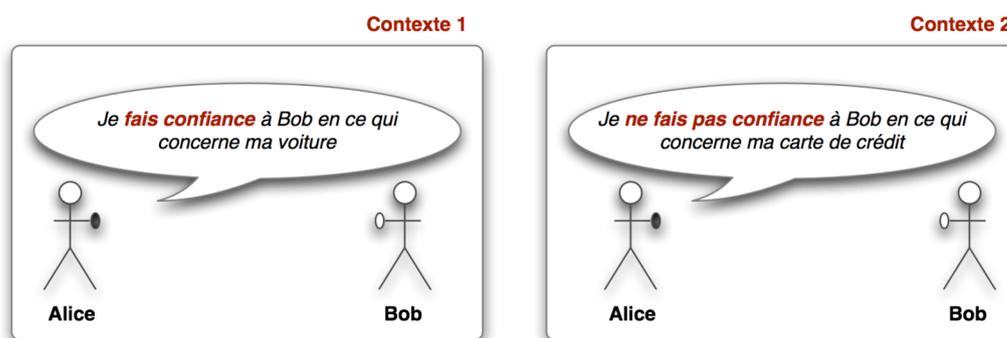


Figure 21. Confiance et dépendance au contexte⁵⁷

Mayer et al. (Mayer 1995) précisent le rôle du contexte dans la confiance. Leur approche de la confiance est déterminante dans la prise en compte de cette notion de contexte. Ils définissent la confiance comme « la volonté pour une partie d'être vulnérable aux actions d'une autre partie basée sur l'espérance que l'autre partie réalisera une action particulière importante pour le Trustor, sans tenir compte de la capacité à surveiller ou contrôler cette autre partie. » (Mayer 1995), p. 712.

Cette notion de « volonté d'être vulnérable » fait référence au risque inhérent à l'engagement dans une relation de confiance. Mayer et al. précisent qu'il n'y a pas de risque dans la volonté d'être vulnérable, mais que le risque réside dans le comportement lié à cette volonté. Aussi, ils précisent que « la confiance est la volonté d'assumer le risque ; le comportement de confiance est d'assumer ce risque » (Mayer 1995), p. 724.

Or, la nature du risque est dépendante de la situation, et cette prise de risque apparaît exclusivement dans un contexte spécifique de relation avec une autre partie. En effet, lorsque le Trustor considère le ratio coût/bénéfices (Deutsch 1962), il réalise une analyse de la situation, analyse subjective car elle est issue de la perception du Trustor. Dès lors, la notion de contexte

⁵⁷ Illustration traduite et issue de Chang, E., Dillon, T. and Hussain, F. K. (2006). "Trust and Reputation for Service-Oriented Environments, Technologies for Building Business Intelligence and Consumer Confidence", Ed. Chichester, John Wiley & Sons, Ltd.

ainsi que sa perception apparaissent centrales dans la question de la confiance. Des éléments tels que les enjeux, le niveau de risque perçu ou encore les alternatives pour le Trustor constituent des facteurs contextuels influant sur la décision de la confiance. En outre, l'évaluation de la fiabilité perçue du Trustee est naturellement conditionnée par le contexte. La compétence, par exemple, est spécifique à un domaine. Par conséquent, la compétence du Trustee pour une tâche donnée n'est pas forcément significative pour une autre tâche. Par ailleurs, la nature dynamique de la situation rendra compte d'une évaluation périodique des compétences et de la performance du Trustee conditionnant la fiabilité perçue et la confiance (voir Figure 19, p. 78). Aussi, ces éléments liés à des expériences antérieures et à des évaluations antérieures de la fiabilité perçue du Trustee sont également constitutifs de ce contexte.

En somme, la perception du contexte par le Trustor ainsi que sa compréhension et son interprétation affectent directement la fiabilité perçue et la décision de confiance. Il semble donc qu'une bonne connaissance du contexte soit une condition préalable à la décision de confiance. Nous suggérons par conséquent d'analyser de manière plus approfondie cette notion de contexte au travers de différents courants théoriques.

2.3.2. Théorie de l'Action Située (Situated Action Theory)

La théorie de l'*action située* s'est imposée lors de la parution de l'ouvrage de Lucie Suchman « *Plans and Situated Actions: the problem of human-machine communication* ». Elle y expose le fait que l'on ne peut considérer une action en dehors des particularités de son contexte. Le terme d'action située « *souligne le fait que chaque plan d'actions dépend de manière essentielle de ses circonstances matérielles et sociales. Plutôt que de tenter d'abstraire l'action de ses « circonstances » et de représenter cela dans un plan rationnel, l'approche consiste à étudier la manière dont les gens utilisent leurs « circonstances » pour réaliser une action intelligente* », Traduction de (Suchman 1987), p. 50.

La théorie de l'Action Située se concentre donc sur l'analyse des activités des individus inscrits dans un contexte donné, nous précisons que ce contexte relève tant des aspects matériels de l'environnement que des aspects sociaux. Aussi, l'unité d'analyse suggérée par cette approche est non pas l'individu, non pas l'environnement, mais la relation existant entre les deux (Nardi 1996).

La théorie de l'Action Située remet en question l'approche classique de la planification et du plan d'action sur lesquels s'appuie l'Intelligence Artificielle (Suchman 1993; Vera et al. 1993). Dans l'approche classique, le plan est déterminant pour la réalisation de l'action, il s'agit d'une prescription intégrale de l'action. Si cette approche prend pour acquis que le plan d'action est connu et que tout se déroule comme prévu, Lucy Suchman s'inquiète néanmoins de ce qu'il peut arriver lorsque pour une raison, ou pour une autre, le plan ne peut être mis en œuvre. En effet, une telle approche néglige la flexibilité nécessaire à l'individu engagé dans une activité réelle. Lucy Suchman ne rejette en aucun cas l'utilité des plans, mais elle propose une vision alternative : « *les plans sont des ressources pour l'action située, mais ne déterminent en aucun cas leur déroulement* », Traduction de (Suchman 1987), p. 52.

Dans la théorie de l'Action Située, il paraît indispensable de considérer l'action in situ. Les plans seuls et isolés de tout contexte ne peuvent rendre compte de l'activité humaine réelle.

2.3.3. Théorie de la Cognition Distribuée (Distributed Cognition)

La théorie de la Cognition Distribuée a été développée par Edwin Hutchins avec ses collaborateurs de l'Université de San Diego dans le courant des années 80. Cette théorie repense la vision traditionaliste de la cognition centrée sur l'individu et suggère de traiter la cognition comme un élément distribué, comme un phénomène intégré dans son contexte.

L'approche de la cognition distribuée « est une nouvelle branche des sciences cognitives dédiée à : la représentation de la connaissance à la fois à l'intérieur de la tête de l'individu et dans le monde [...]; la propagation de la connaissance entre différents individus et artefacts [...]; et les transformations que subissent les structures externes quand elles sont exploitées par des individus et des artefacts [...]. En étudiant le phénomène cognitif de cette manière, nous espérons que cela nous permettra de comprendre comment l'intelligence se manifeste au niveau des systèmes et non plus au niveau cognitif individuel. » Traduction de (Flor et al. 1991) cité dans (Nardi 1996), pp. 76-77.

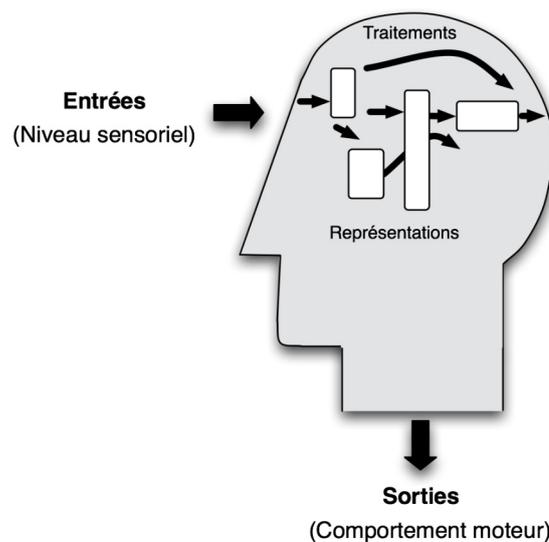


Figure 22. Modèle cognitif classique⁵⁸

Cette approche de la cognition suggère de réorienter l'unité d'analyse sur un système cognitif composé d'individus et des artefacts qu'ils utilisent (Nardi 1996).

Le déplacement de cette unité d'analyse d'un système cognitif (centré sur l'individu) vers un système cognitif distribué (centré sur l'individu et les artefacts manipulés) relève de *l'incapacité du modèle cognitif traditionnel à rendre compte des activités cognitives dans des situations « naturelles »* (Salembier 1996).

⁵⁸ Illustration issue de Salembier, P. (1996). "Cognition(s) : Située, Distribuée, Socialement partagée, etc., etc.,..." Bulletin du LCPE, 1. Ecole Normale Supérieure, Paris.

L'approche cognitiviste classique (voir Figure 22) se concentre sur le traitement de l'information au sein du cerveau humain. Elle décrit les représentations internes et la procédure de transformation à l'instar du fonctionnement d'un ordinateur : une entrée, une mémoire, un processeur (unité de traitement des informations sous forme symbolique), et une sortie (Lonchamp 2003).

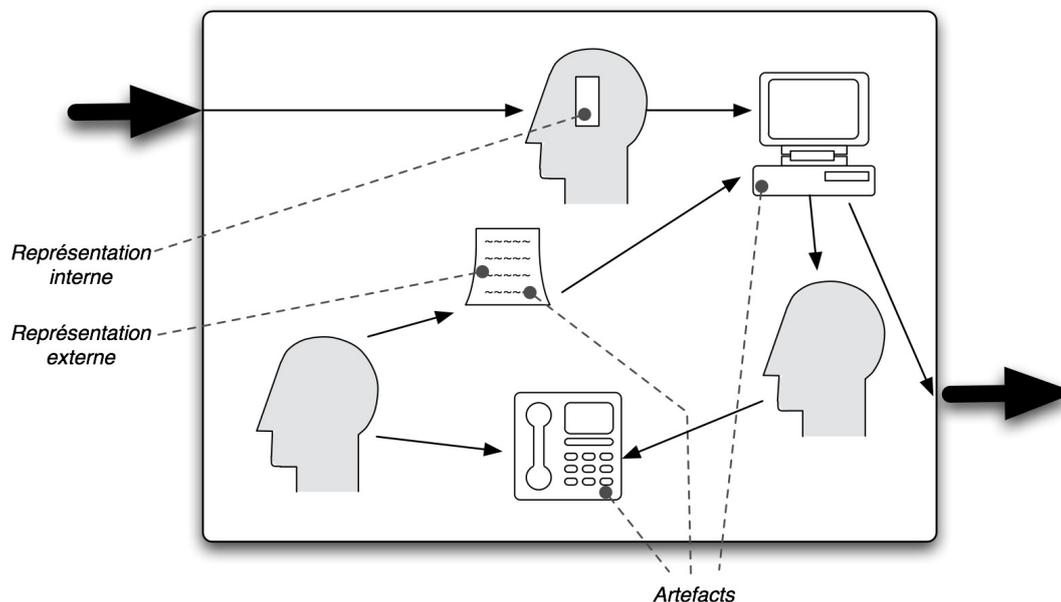


Figure 23. Modèle cognitif distribué⁵⁹

Cette approche se focalise uniquement sur l'individu et fait abstraction des représentations externes et du contexte dans lequel se trouve l'individu.

C'est sur base de ce constat qu'Edwin Hutchins décide d'appliquer cette approche sur un système cognitif distribué (voir Figure 23), l'objectif étant de « *décrire la nature et les propriétés d'un système fonctionnel comprenant des agents individuels et des artefacts, ainsi que leurs relations dans un environnement donné* » (Salembier 1996).

La cognition distribuée s'intéresse tout particulièrement au traitement et à la « *propagation des états représentationnels au travers des médias à l'intérieur d'un système fonctionnel* » (Hutchins 1995). La nature de ces médias peut être aussi bien interne qu'externe à l'individu, et fait par conséquent référence à des *représentations internes* (mémoire individuelle) et des *représentations externes* (artefacts). Aussi, dans la Cognition Distribuée, les artefacts inscrits dans l'environnement ne consistent pas en de simples aides périphériques à la cognition mais sont nécessaires, au même titre que les représentations internes, pour comprendre le comportement cognitif (Scaife et al. 1996).

⁵⁹ Illustration issue de Lonchamp, J. (2003). "Le travail coopératif et ses technologies", Ed. Lavoisier, Hermes Sciences Publications. Paris.

2.3.4. Théorie de la Conscience de la Situation (Situation Awareness)

Mica R. Endsley ((Endsley 1988), traduction p. 97) définit la conscience de la situation comme « la perception des éléments de l'environnement à l'intérieur d'un volume de temps et d'espace, la compréhension de leur signification et la projection de leur statut dans un futur proche ». La conscience de la situation a été principalement étudiée dans des environnements dynamiques où la décision humaine peut avoir beaucoup d'impact. Nous citerons le domaine de l'aéronautique et du contrôle aérien, ou encore le domaine militaire. Elle peut toutefois s'appliquer à toute activité du quotidien qui requiert une mise à jour dynamique de la situation pour fonctionner de manière efficace, telle que, par exemple, marcher ou conduire dans un trafic dense (Endsley 1995b).

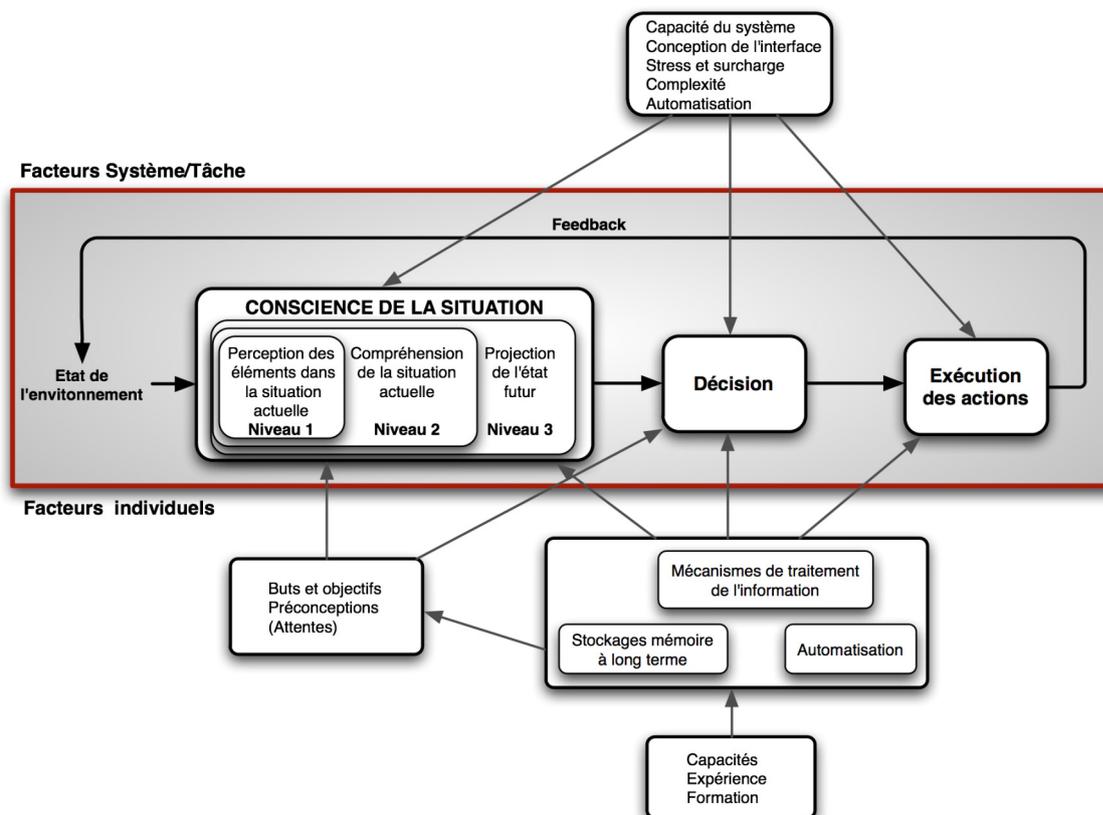


Figure 24. La conscience de la situation [Traduction de (Endsley 1995b)]

Mica R. Endsley propose le modèle suivant (voir Figure 24) afin de décrire le rôle de la Conscience de la Situation dans le processus de prise de décision. Nous retiendrons les éléments suivants (Endsley et al. 1999), (Endsley 1995b) :

1) La Conscience de la Situation repose sur trois niveaux :

(a) **La perception des éléments dans la situation (Niveau 1)**

La première étape consiste à percevoir l'état, les attributs et la dynamique des éléments pertinents dans l'environnement.

(b) **La compréhension de la situation actuelle (Niveau 2)**

La compréhension repose sur l'analyse des éléments identifiés lors du niveau 1 et sur la signification de ces éléments au regard des objectifs de l'acteur.

(c) **La projection de l'état futur** (Niveau 3)

Au terme des deux niveaux précédents, l'acteur a identifié les éléments pertinents et leur a affecté une signification correspondant à l'objectif courant. Il peut dès lors prédire l'évolution de ces éléments dans le futur. Cette projection sera d'autant plus juste que l'acteur possèdera une bonne connaissance de la situation.

Nous soulignons que dans sa définition, M.R. Endsley associe la Conscience de la Situation à la connaissance de l'environnement que possède l'acteur à un moment donné et à un endroit donné. En effet, la Conscience de la Situation est hautement temporelle. Elle se construit au fil du temps et est ancrée dans une dynamique, l'ensemble permettant à l'acteur de projeter un état futur de l'environnement. La Conscience de la Situation est également relative à l'espace. Dans bien des contextes, nous pouvons constater que les informations spatiales sont importantes (ex. l'aviation et les trajectoires des avions).

2) La Conscience de la Situation impacte le processus de prise de décision. Il semble relativement évident que, tant la caractérisation de la situation par l'individu, que la façon de présenter le problème, conditionnent la manière dont sera résolu le problème.

3) Une bonne Conscience de la Situation permettra de manière générale de mieux adapter les actions à la situation identifiée.

4) Des *facteurs propres au système*⁶⁰, à la tâche et des *facteurs individuels* affectent la capacité de l'acteur à acquérir et maintenir une Perception de la Situation. Parmi les facteurs individuels, nous retiendrons les éléments suivants :

(a) La Conscience de la Situation est vue comme un processus à la fois guidé par les objectifs (vision top-down) et guidé par les données (vision bottom-up).

(b) Les attentes de l'acteur influencent la perception de la situation.

(c) Les limitations propres à l'attention et à la mémoire sont des contraintes à la conscience de la situation.

Parmi les facteurs propres au système ou à la tâche, nous retiendrons les éléments suivants :

(a) La mise à disposition des informations pertinentes ainsi que leur présentation au travers du système affecte la capacité de l'acteur à atteindre une bonne perception de l'environnement.

(b) Le stress et la surcharge de travail peuvent affecter la Conscience de la Situation de manière négative.

(c) Si l'automatisation des décisions humaines impacte négativement la Conscience de la Situation, l'automatisation des tâches périphériques telles que l'intégration des données mènent à une réduction de la charge sur la mémoire.

⁶⁰ Nous soulignons le fait que la notion de « système » fait référence dans ce cas précis à un dispositif informatique permettant de percevoir l'information relative à la situation.

2.3.5. Théorie de l'activité

La théorie de l'activité trouve son origine dans la psychologie soviétique des années 20. Dans un premier temps, les travaux de Lev Vygotsky (Vygotsky 1978), qui s'intéresse au développement de l'enfant, et par la suite, les travaux de son élève, Alexei Leontiev (Leontiev 1978; Leontiev 1981; Leontiev 1989), mènent à la formalisation d'un cadre conceptuel décrivant la structuration de l'activité.

Alexei Leontiev décrit l'activité humaine comme étant composée d'activités, d'actions et d'opérations (voir Figure 25).

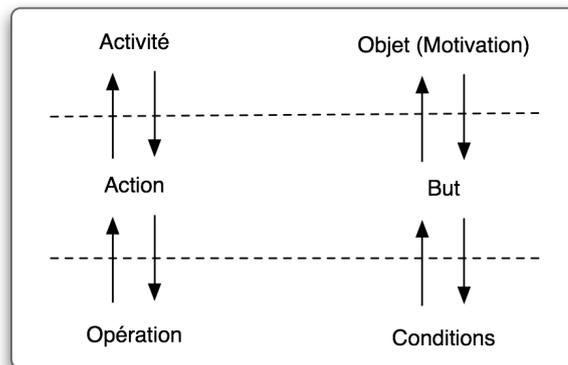


Figure 25. Structuration hiérarchique de l'activité

Les **activités** constituent le niveau hiérarchique supérieur. Elles sont réalisées comme des actions coopératives ou individuelles, ou encore des chaînes ou des réseaux d'actions qui se concentrent sur le même objet ou la même motivation (Kuutti 1996). L'activité n'est pas une entité statique, mais subit continuellement l'influence de son environnement qu'elle ne cesse elle-même de modifier.

Les **actions** constituent le second niveau hiérarchique, elles sont orientées vers un but conscient. On ne peut comprendre le sens d'une action en dehors du cadre de référence créé par l'activité. En outre, une activité peut être réalisée au travers de diverses actions conditionnées par la situation (Kuutti 1996). Avant que les actions ne soient exécutées, une phase d'*orientation* permet de définir les actions en faisant usage d'un modèle. La fiabilité de ce dernier est déterminante, en effet, un modèle défaillant atteindra difficilement son objectif. C'est pourquoi il est nécessaire qu'il soit réajusté en fonction de la situation (Suchman 1987).

Les **opérations** constituent le niveau inférieur, elles s'enchaînent en vue de réaliser une action. Les opérations sont exécutées de manière routinière et inconsciente. À l'origine, chaque opération est une action consciente, mais l'expérience et la pratique permettent de s'assurer de la performance des plans, ou des modèles, et de les reconnaître comme fiables dans certaines situations. La phase d'orientation disparaît donc, et fait place à une manière d'agir plus fluide et plus rapide sans réelle prise de conscience de chacune des étapes nécessaires à l'exécution.

	MAISON	LOGICIEL	RECHERCHE
Niveau Activité	Construire une maison	Développer un projet logiciel	Réaliser une recherche dans un sujet donné
Niveau Action	Réaliser la toiture Transporter des briques par camion	Programmer un module Fixer une réunion	Rechercher des références Participer à des conférences Ecrire un rapport
Niveau Opération	Marteler Changer les vitesses en conduisant	Utiliser les commandes du système d'exploitation Sélectionner les composants du langage de programmation appropriés	Utiliser des syllogismes logiques Sélectionner la formulation appropriée

Figure 26. Exemples d'activités, d'actions, et d'opérations⁶¹

La théorie de l'activité spécifie donc que les concepts de base (activité, action, opération) peuvent changer de statut. Il est par conséquent difficile d'identifier ce qui est de l'ordre d'une activité ou d'une action, et d'une action ou d'une opération, car en réalité la classification dépendra du sujet ou de l'objet inscrit dans une situation particulière (Kuutti 1996). La Figure 26 permet de représenter de manière non exhaustive la hiérarchisation de l'activité dans le cadre de la construction d'une maison, du développement d'un logiciel ou de la réalisation d'une recherche.

La théorie de l'Activité précise de plus que l'activité est réalisée par un *Sujet* qui manipule un *Outil*, pour atteindre un *Objet*, qui sera transformé en *Résultat* (voir Figure 27). Ces différents concepts nécessitent quelques précisions.

- L'objet oriente l'activité. Il peut être quelque chose de matériel (comme une maison) ou mais il peut aussi être quelque chose de moins tangible (comme un plan) ou de totalement intangible (comme une idée commune) (Kuutti 1996).
- La transformation de l'objet en résultat constitue l'enjeu de l'activité.
- L'outil rend compte de la médiation entre le sujet et l'objet. Il consiste en tout ce qu'utilise le sujet en vue atteindre l'objet et dont la forme peut être aussi bien matérielle que symbolique (connaissance, langage). L'outil « facilite » mais également « limite ». En effet, l'outil implique le sujet dans le processus de transformation avec les expériences antérieures et les compétences acquises, mais toutefois limite l'interaction en fonction de la perspective de l'outil particulier. Aussi, d'autres caractéristiques potentielles de l'outil restent invisibles pour le sujet (Kuutti 1996).

⁶¹ Traduction issue de Kuutti, K. (1996). "Activity theory as a Potential Framework for Human-Computer Interaction Research". In Context and consciousness: activity theory and human-computer interaction, Ed. Bonnie A. Nardi, Cambridge, Massachusetts / London, England, The MIT Press, 17-44., page 33.



Figure 27. Structuration de l'activité (Niveau individuel)⁶²

Yrjö Engeström (Engeström 1987) a suggéré d'étendre la théorie aux aspects supra-individuels et inscrit de nouveaux concepts dans le triangle élémentaire : la règle, la communauté et la division du travail (voir Figure 28). Ce modèle inscrit le Sujet dans la Communauté qui rassemble des individus partageant un même objet. Il décrit trois relations médiatisées :

- La relation Sujet-Objet est médiatisée par l'outil,
- La relation Sujet-Communauté par les règles qui définissent au travers de normes, de conventions, etc. ce que signifie appartenir à la communauté,
- La relation Objet-Communauté par la Division du travail qui précise l'organisation implicite et explicite, et précise ce que chacun doit faire dans le processus de transformation de l'objet.

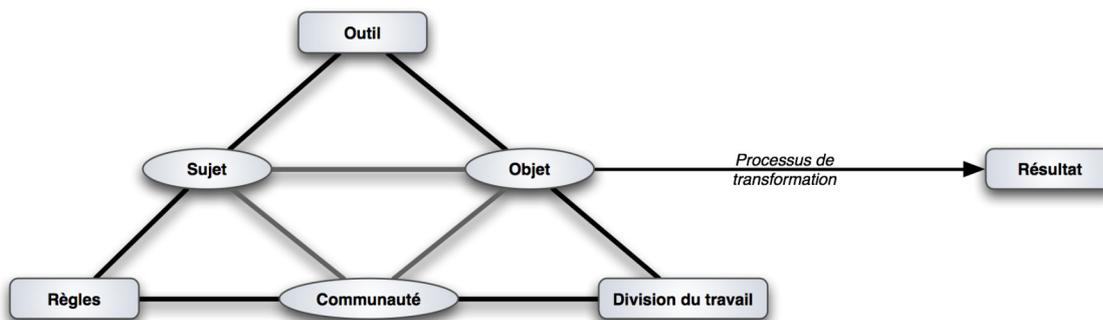


Figure 28. Structuration de l'activité (Niveau supra-individuel)⁶³

Enfin, la théorie de l'activité aborde la notion de contexte de manière quelque peu spécifique car elle exprime le contexte comme l'activité elle-même.

« Ce qui prend place dans un système d'activité composé d'objet, d'actions, et d'opérations, est le contexte. Le contexte est constitué au travers de la représentation d'une activité impliquant des personnes et des artefacts. Le contexte n'est pas un conteneur externe ou une coquille à l'intérieur de laquelle les gens se comportent d'une certaine manière. Les gens génèrent consciemment et délibérément des contextes (activités) en partie au travers de leurs propres objets et par conséquent, le contexte n'est pas uniquement « là dehors ». Le contexte est à la fois interne aux gens, impliquant des objets et des buts spécifiques, et externe aux gens, impliquant des artefacts, d'autres personnes, des configurations spécifiques. Le point crucial est que dans la théorie de l'activité, les aspects internes et externes sont fusionnés, unifiés. » (Nardi 1996), p. 76.

⁶² Traduction issue de Ibid., page 28.

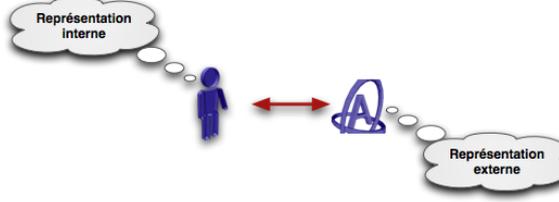
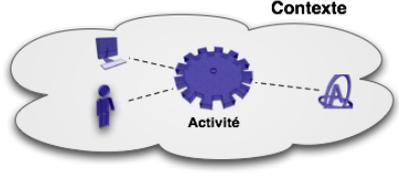
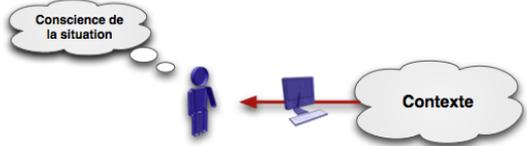
⁶³ Traduction issue de Ibid., page 28.

2.3.6. La confiance et les trois contextes de l'activité

L'analyse de cette notion de contexte au travers des différentes approches théoriques nous permet d'extraire de chacune d'elles une *unité d'analyse* qui permet d'envisager le contexte sous un angle particulier. Nous pouvons établir la synthèse suivante (voir Tableau 9) :

- Dans la *théorie de l'Action Située*, l'unité d'analyse n'est ni l'individu, ni l'environnement, mais la relation qui existe entre les deux (Nardi 1996), p. 71.
- Dans la *théorie de la Cognition Distribuée*, l'unité d'analyse est un système cognitif composé d'individus et des artefacts qu'ils utilisent (Nardi 1996), p. 77.
- Dans la *théorie de l'Activité*, l'unité d'analyse est l'activité (Nardi 1996), p. 73.
- Dans la *théorie de la Conscience de la Situation*, nous suggérons comme unité d'analyse l'individu-utilisateur (d'un outil) inscrit dans une configuration où tant les facteurs individuels, que les facteurs propres à la tâche ou à l'outil, vont conditionner sa perception de la situation.

Tableau 9. Synthèse des approches théoriques sur le contexte

Théorie	Unité d'analyse	Vue schématique
Théorie de l'Action Située	Relation Individu - Contexte	
Théorie de la Cognition Distribuée	Individu + Artefacts (Système cognitif)	
Théorie de l'Activité	Activité	
Théorie de la Conscience de la Situation	Individu-Utilisateur	

Au regard de cette analyse théorique, nous pouvons introduire notre approche du contexte, basée sur des travaux antérieurs de notre laboratoire (Kubicki 2006a), et qui considère trois facettes (voir Figure 29) :

- Le **contexte de l'activité** (1) qui concerne l'activité au sens de la théorie de l'Activité. Ce contexte regroupe tous les éléments impliqués dans la réalisation de cette activité (acteurs, outils, objets, etc.).

- Le **contexte de l'acteur** (2) qui se focalise sur une approche cognitiviste (au même titre que dans la théorie de la cognition distribuée) et qui relève des connaissances manipulées par l'individu et de leur traitement en vue de l'action guidée par la confiance.
- Le **contexte de l'utilisateur d'un outil** (3) qui se concentre sur la perception du contexte de l'activité par le biais de l'outil. Ce dernier offre à l'utilisateur un point de vue particulier sur le contexte de l'activité (tel que le décrit la théorie de la conscience de la situation).

Nous commencerons par détailler ces trois contextes et ensuite, nous présenterons notre analyse visant à intégrer la confiance dans cette approche.

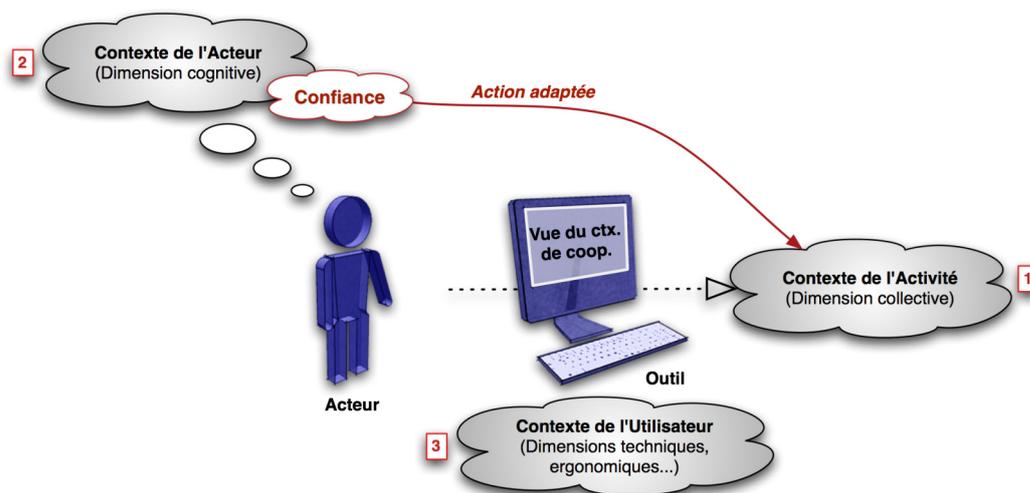


Figure 29. Trois types de contexte⁶⁴

2.3.6.1. Le contexte de l'activité

Le contexte de l'activité fait référence à l'activité coopérative dans laquelle l'acteur est inscrit. Il a pour objet de décrire tous les éléments impliqués dans l'activité. Ce contexte a fait l'objet de nombreux travaux antérieurs au laboratoire MAP/CRAI (Hanser 2003; Halin 2004a; Kubicki 2006a) qui ont permis d'aboutir à sa modélisation. Cet aspect sera traité plus en détail dans le Chapitre 3. D'ores et déjà, nous pouvons mettre en évidence les éléments constitutifs de ce contexte en prenant comme exemple l'activité de construction :

- L'**acteur** consiste en une ressource participant à la réalisation de l'activité et inscrite dans une organisation. Sur le chantier, les relations entre les acteurs sont conditionnées par le type d'organisation contractuelle dans lequel ils se trouvent ainsi que par le rôle qu'ils occupent au sein de cette organisation (ex. Coordinateur-pilote, architecte, ingénieur, entreprise de construction, etc.). Nous mettons en évidence le fait que l'acteur du chantier peut être inscrit dans plusieurs activités collectives au même moment, ce qui suggère deux points de vue différents sur le contexte de l'activité collective : les points de vue « inter-chantier » ou « intra-chantier ».

⁶⁴ Illustration adaptée de Kubicki, S. (2006a). "Assister la coordination flexible de l'activité de construction de bâtiments, Une approche par les modèles pour la proposition d'outils de visualisation du contexte de coopération". PhD Thesis in Architecture Science. Université Henri Poincaré, Nancy-1, Département de Formation Doctorale en Informatique, Nancy, 298 pp.

-L'**activité** a pour objet la réalisation de l'objectif commun des acteurs, elle peut être décomposée et structurée. L'activité de projet de construction est divisée en phases et en tâches. La phase constitue le premier niveau de structuration de l'activité. Il s'agit des principales étapes nécessaires à la réalisation du bâtiment (ex. Phases de conception, d'appel d'offres, de réalisation). La tâche, quant à elle, constitue le second niveau de structuration de l'activité et correspond à « *une intention opérationnelle* » (Hoogstoel 1995). Elles sont réparties parmi les acteurs en fonction de leur rôle. Damien Hanser identifie trois types de tâche qui caractérisent la phase de conception d'un projet architectural : les tâches de production, de coordination et de synthèse (Hanser 2003). La phase d'exécution est caractérisée par un type de tâche particulier : la *tâche de construction* (tâche de production d'un ouvrage mettant en œuvre la conception architecturale et technique des concepteurs) dont la planification et le suivi sont à la charge du coordinateur-pilote et l'exécution à la charge des entreprises de construction.

-Les **documents** et les **ouvrages** consistent en des artefacts, résultats « définitifs » ou « intermédiaires » de l'activité.

- Par document, nous entendons tout type de document qui est nécessaire en vue de la réalisation de l'activité et de la pleine satisfaction du maître de l'ouvrage. Il s'agit plus concrètement de documents graphiques, de documents contractuels, de documents supportant la coordination de chantier tels que le compte-rendu ou le planning, mais aussi de tout support à la connaissance tel que les documentations techniques, etc. Nous précisons, en guise de remarque, que la loi MOP (Loi sur la Maîtrise d'Ouvrage Publique) détermine de manière précise les documents graphiques à fournir, ainsi que leur échelle, et ce, pour chacune des phases du projet.
- Les ouvrages résultent des différentes tâches de construction. Ils sont agencés en vue de composer l'objet architectural dans son ensemble et délimitent des espaces. En outre, nous considérons différents niveaux de granularité pour l'ouvrage : un élément de construction pouvant être un élément composite d'un objet plus global. La panne faîtière, par exemple, consiste en un ouvrage de construction au même titre que l'ensemble de la charpente.

-Les **outils** sont exploités par les acteurs afin de réaliser les tâches. Cette définition est suffisamment large pour intégrer à la fois le marteau, la grue et le logiciel de CAO. Toutefois, nous nous limiterons dans notre approche aux outils numériques. Le rôle de ceux-ci est de supporter la réalisation des tâches, mais également, et c'est l'aspect qui nous intéresse tout particulièrement, d'offrir à l'utilisateur un point de vue sur le contexte de l'activité collective.

2.3.6.2. Le contexte de l'acteur et la confiance

Le « contexte de l'acteur » renvoie au processus cognitif mis en œuvre par l'acteur en vue d'agir sur le contexte de coopération. Notre approche s'intéressera plus spécifiquement à l'action influencée par le niveau de confiance.

Les travaux de Brézillon et Pomerol, issus de champs de recherche proches de l'intelligence artificielle et de l'ergonomie cognitive, détaillent ce processus cognitif et distinguent trois types de connaissance (Gachet et al. 2005) (voir Figure 30) :

- La **connaissance contextuelle** représente la partie du contexte qui est pertinente pour l'étape courante d'un processus de décision.
- La **connaissance externe** représente la partie du contexte qui n'est pas pertinente à ce moment.
- Le **contexte procéduralisé** est la partie de la connaissance contextuelle qui est invoquée, assemblée, structurée et située selon le point de vue sur l'étape courante. Par analogie, on peut considérer le contexte procéduralisé à une étape donnée du processus comme l'instanciation explicite de la connaissance contextuelle sous-jacente qui reste implicite.

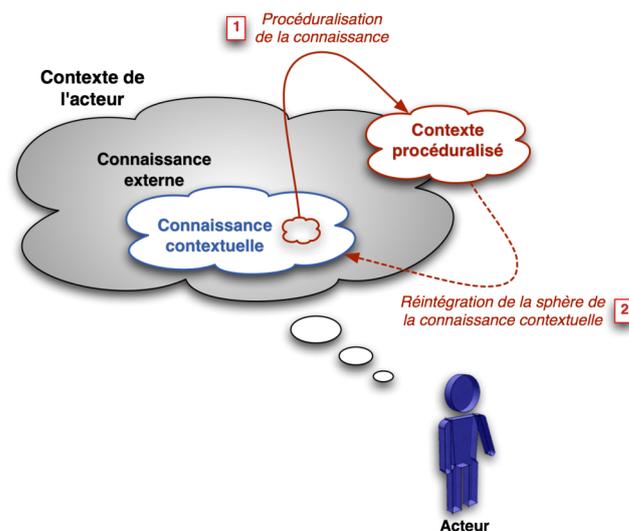


Figure 30. La connaissance contextuelle, la connaissance externe et le contexte procéduralisé

Pour ces deux auteurs, le contexte est dynamique. En effet, chaque élément de connaissance contextuelle, manipulé et procéduralisé en fonction de l'étape donnée du processus de résolution de problème, entre dans la sphère du contexte procéduralisé. Ensuite, dès le passage à l'étape suivante du processus, cet élément retourne dans la « sphère » des connaissances contextuelles.

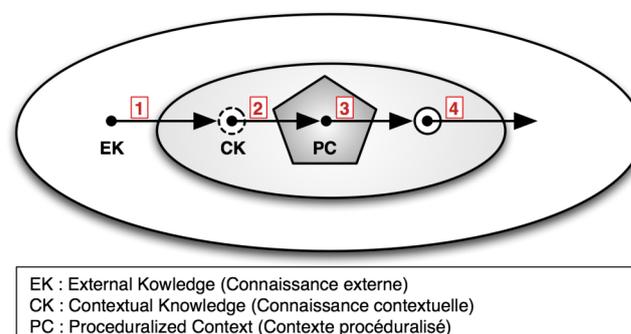


Figure 31. Vue horizontale du contexte de l'acteur⁶⁵

⁶⁵ Illustration issue de Gachet, A. and Brézillon, P. (2005). "A Context-Based Representation of Knowledge Flows in Dynamic Organizations". Applying Context Management. RSTI Revue d'Intelligence Artificielle, 19(3), 557-574.

La Figure 31 illustre une vue horizontale représentant les flux de connaissance. Quatre phases permettent de décrire le processus de résolution de problème mené par un acteur :

- La **phase 1** (EK→CK) caractérise le fait que l'acteur va identifier parmi ses connaissances, celles qui sont pertinentes pour mener à bien la phase du processus en cours. Ces éléments de connaissances sont importés dans la connaissance contextuelle tandis que le reste persiste dans la connaissance externe.
- La **phase 2** (CK→PC) concrétise le passage d'un élément de la connaissance contextuelle vers le contexte procéduralisé. En effet, l'acteur qui se concentre sur la résolution d'un problème est amené à assembler, à structurer, à instancier une partie de la connaissance contextuelle. Ce processus peut être rapproché de celui de conscience de la situation décrit par M.R. Endsley (voir section 2.3.4).
- La **phase 3** (PC→CK) décrit le retour de l'élément d'information dans la connaissance contextuelle dès que le focus d'attention de l'acteur (déterminé par l'étape courante de la prise de décision) est détourné sur un autre élément.
- Enfin, la **phase 4** (CK→EK) illustre le retour des éléments de connaissances contextuelles dans la connaissance externe dès le processus global de résolution de problème finalisé.

Nous remarquons que le processus de prise de décision de confiance peut être associé à ce même processus cognitif (voir Figure 32). Il nous faut toutefois préciser que dans ce cas, la connaissance contextuelle relève de toute connaissance qui permettra à l'acteur (le Trustor) de déterminer si le Trustee est digne de confiance. Parmi ces connaissances contextuelles, nous pouvons citer la fiabilité perçue du Trustee, les règles qui régissent la relation (formelles ou informelles), les avantages et inconvénients, les motivations du Trustor... sont autant de connaissances qui sont déterminantes pour l'acteur qui doit adapter son action (voir section 2.1.5).

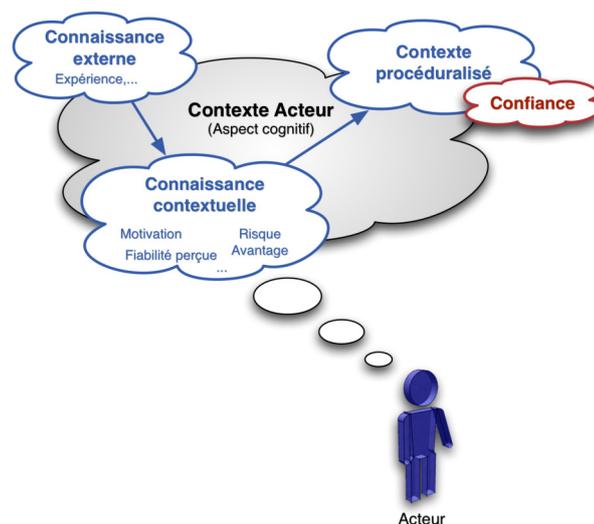


Figure 32. La confiance et le contexte acteur

En outre, la confiance facilite et guide la prise de décision. D'ailleurs, sans confiance, nous ne pourrions même pas envisager l'action, car la perception du risque serait bloquante (Luhmann 1968). Mayer et al. précisent que :

« *La confiance rend la décision plus efficace en simplifiant l'acquisition et l'interprétation de l'information. La confiance guide aussi l'action en suggérant des comportements et des routines qui sont plus viables et bénéfiques en supposant que les homologues dignes de confiance n'exploiteront pas la vulnérabilité.* », Traduction de (Mayer 1995), p. 93.

Nous ajouterons enfin qu'une bonne visibilité du contexte permettrait d'autant mieux à l'acteur d'ajuster son action. En effet, la confiance est d'autant mieux évaluée que l'acteur dispose d'informations sur le Trustee, et de manière générale, sur le contexte de l'activité.

2.3.6.3. Le contexte de l'utilisateur

Le contexte de l'utilisateur peut être rapproché des théories sur la conscience de groupe et sur la conscience de la situation (Dourish et al. 1992; Endsley 1995a) (voir section 2.3.4). En effet, il s'agit pour l'acteur d'obtenir, au travers d'un outil, un point de vue sur le contexte de coopération. En outre, la visualisation des données peut être adaptée à l'utilisateur (ex. langues, paramétrage personnel, profiling⁶⁶...). (Kubicki 2006a) distingue différentes propriétés du contexte de l'utilisateur ayant des perspectives intéressantes pour les applications sur les chantiers de construction. Parmi ces propriétés, nous retrouvons des éléments caractéristiques de l'utilisateur et d'autres propres à l'environnement dans lequel il se trouve :

- Les informations sur l'utilisateur font référence à ses compétences et à ses préférences.
- Les informations sur la localisation identifient le lieu précis où se trouve l'utilisateur (ex. coordonnées GPS).
- La nature du terminal conditionne également l'affichage des données (ex. Interface « Gmail pour mobile » adaptée à la taille d'un écran de téléphone mobile).

La prise en compte de ce contexte est particulièrement importante pour la conception d'applications et influe de manière directe sur l'appropriation de l'outil par l'utilisateur. En effet, l'appropriation d'un outil logiciel est influencée par deux variables spécifiques d'une part, l'*utilité perçue*⁶⁷, et d'autre part, la *facilité d'usage perçue*⁶⁸ (Davis 1989). Dans le cas d'outils d'assistance à la coordination qui nous intéressent dans le cadre de ces travaux, ces deux variables seront principalement liées à la capacité de l'outil à fournir à l'utilisateur une bonne visualisation du contexte adaptée à son besoin (son rôle dans le projet). La personnalisation de l'affichage est dès lors fondamentale.

2.3.6.4. Formalisation de notre approche du contexte et de la confiance

À ce stade, nous retiendrons que la confiance est issue de la perception du contexte à un moment donné. Or, notre analyse de la notion de contexte au travers des théories de l'Activité, de l'Action Située, de la Cognition Distribuée, et de la Conscience de la Situation nous permet d'envisager le contexte sous les trois aspects suivants (voir Figure 33) :

⁶⁶ Certaines interfaces Web proposent à l'utilisateur des contenus personnalisés (par affinité). Nous citerons l'exemple d'Amazon et de l'onglet « Chez vous » qui regroupe une série d'ouvrages susceptibles d'intéresser l'utilisateur car ils sont sélectionnés selon ses propres goûts et ses commandes antérieures.

⁶⁷ L'*utilité perçue* est définie par Fred D. Davis comme : « *le degré avec lequel une personne croit qu'utiliser un système particulier augmenterait la performance de son travail* ».

⁶⁸ La *facilité d'usage perçue* est définie par Fred D. Davis comme « *le degré avec lequel une personne croit qu'utiliser un système serait dénué d'effort* ».

- Le **Contexte de l'Activité** (1) (ou contexte de coopération) qui regroupe tous les éléments interdépendants dans l'activité collective, à savoir : les acteurs, les activités, les outils, les documents et les ouvrages.
- Le **Contexte de l'Acteur** (2) qui fait référence au processus cognitif par lequel l'acteur isole les connaissances contextuelles dont la procéduralisation mène à l'évaluation de la confiance et à une action adaptée sur le contexte de coopération.
- Le **Contexte de l'Utilisateur** (3) qui renvoie à l'outil et à son rôle de médiateur entre l'acteur et l'objet de l'activité. L'outil permet de percevoir le contexte de l'activité et nécessite d'être adapté au rôle et aux besoins de l'utilisation.

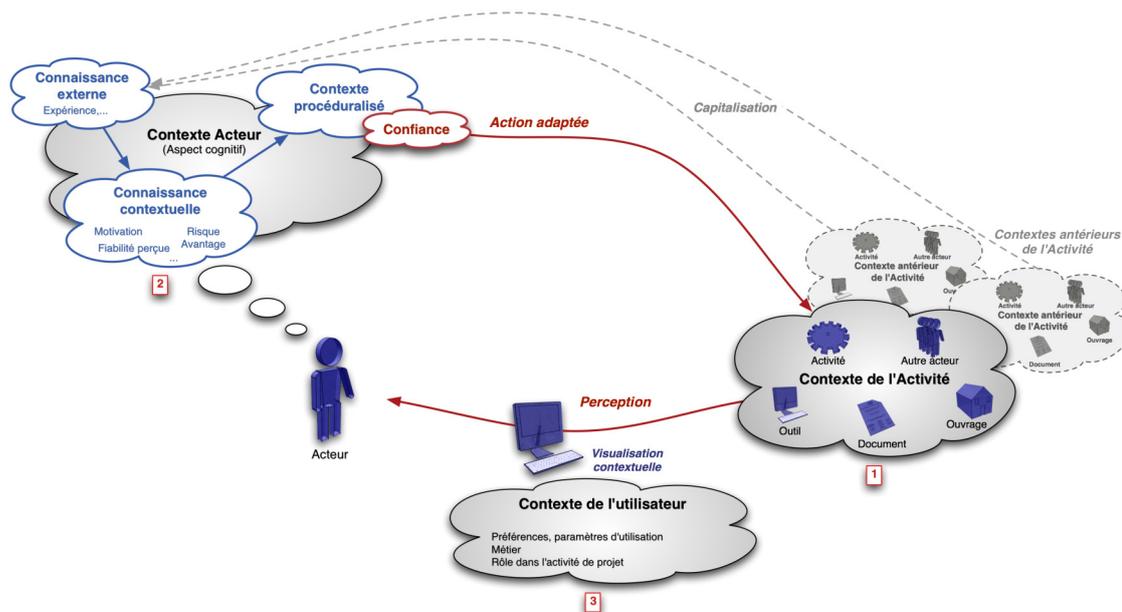


Figure 33. La confiance et le contexte⁶⁹

2.4. De la confiance aux services de confiance

Jusqu'à présent, nous avons défini le cadre théorique lié à la notion de confiance. Nous suggérons maintenant d'aborder cette notion d'un point de vue plus appliqué au travers de « systèmes de confiance ». Avant d'aborder des exemples concrets issus du domaine de l'e-business et du secteur AIC, nous souhaitons préciser la question de la mesure de la confiance.

2.4.1. La mesure de la confiance

Nous avons vu que la confiance dans un Trustee est issue de la perception par le Trustor de sa fiabilité. La notion même de perception renvoie à une volonté de quantifier. Dès lors, nous suggérons d'adopter la définition suivante de la fiabilité : *une mesure du niveau de confiance*

⁶⁹ Illustration adaptée de Kubicki, S. (2006a). "Assister la coordination flexible de l'activité de construction de bâtiments, Une approche par les modèles pour la proposition d'outils de visualisation du contexte de coopération". PhD Thesis in Architecture Science. Université Henri Poincaré, Nancy-1, Département de Formation Doctorale en Informatique, Nancy, 298 pp.

que le Trustor a dans le Trustee (Chang 2006). Il s'agit donc d'une valeur estimée par le Trustor qui s'inscrit dans une échelle de valeur. Nous précisons également que cette mesure est fonction à la fois du moment et du contexte.

Dans le cadre d'application d'e-commerce, la confiance ne porte pas directement sur une personne, mais se focalise plutôt sur la capacité d'une personne à assurer des services, ou encore sur l'évaluation de produits. La relation de confiance est alors caractérisée par les éléments suivants (Chang 2006) :

- Un Trustor (agent qui fait confiance),
- Un Trustee (service ou produit sur lequel porte la confiance),
- Un contexte dans lequel la confiance doit être considérée,
- Des aspects de qualité qui définissent les obligations du Trustee,
- Des critères d'évaluation de la qualité qui sont utilisés pour évaluer la performance du Trustee,
- Une période de temps pendant laquelle le niveau de confiance est maintenu,
- Une valeur de confiance (ou de fiabilité perçue) qui correspond à l'évaluation de la confiance par rapport à une échelle de valeurs donnée.

Par ailleurs, Chang et al. (Chang 2006) précisent que la confiance exprimée dans les applications d'e-commerce repose sur la qualité du service, la qualité du produit ou encore de l'agent. Ils suggèrent alors que la méthodologie appliquée pour mesurer la confiance doit répondre aux quatre étapes suivantes :

- 1) Définir la connaissance du domaine,
- 2) Identifier les aspects de qualité à partir de la connaissance du domaine,
- 3) Développer les critères d'évaluation mesurables pour chacun des aspects identifiés,
- 4) Mesurer la confiance à partir de l'évaluation des critères identifiés.

Ces divers éléments délimitent le cadre dans lequel nous allons inscrire notre étude des services de confiance.

2.4.2. Les services de confiance appliqués au domaine de l'e-business

Il existe de nombreux services de confiance appliqués au domaine de l'e-business, nous nous intéresserons ici à trois dispositifs :

- Amazon.com, une plate-forme de vente en ligne.
- Epinions.com, une plate-forme destinée à recueillir des opinions sur tout type de produits.
- eBay, une plate-forme destinée à supporter la vente et l'achat de biens, principalement d'occasion, en se basant sur le concept des enchères.

2.4.2.1. Amazon.com

Amazon.com⁷⁰ est largement connu pour son service initial de vente de livres en ligne. Aujourd'hui, son offre s'est élargie à d'autres produits tels que les CD musicaux, les jeux vidéos, le matériel numérique, etc. Ce site est particulièrement intéressant pour l'ensemble des dispositifs qu'il met en œuvre pour supporter la confiance. Nous nous intéresserons ici à trois services proposés par le site : l'évaluation de la fiabilité entre les partenaires de la transaction (acheteurs et vendeurs), l'évaluation des produits, et la personnalisation de l'offre.

Bâtir (Broché)
de Vittone (Auteur)
★★★★☆ (1 évaluation client)

Prix éditeur: EUR 119,50
Prix : EUR 113,53 **LIVRAISON GRATUITE** Voir les détails

Économisez : EUR 5,97 (5%)

Disponibilité : Habituellement expédié sous 9 à 12 jours. Expédié et vendu par Amazon.fr. Emballage cadeau disponible.

4 neufs et d'occasion disponibles à partir de EUR 113,53

Evaluation moyenne

Quantité : 1
Ajouter au panier
ou
Identifiez-vous pour activer la commande 1-Click.

Plus de choix
4 neufs et d'occasion à partir de EUR 113,53
Vous l'avez déjà ?
Vendez le votre

Ajoutez à votre liste cadeaux
Parlez-en à un ami

Commentaires en ligne
Moyenne des commentaires client : ★★★★★
Nombre de commentaires : 1
Rédigez votre commentaire et partagez votre opinion avec les autres clients.

Afficher : Du plus récent au plus ancien GO!

1-1 sur 1

Evaluation détaillée et commentaires

1 internaute sur 1 a trouvé ce commentaire utile :
★★★★☆ **Ouvrage de référence**, 21 décembre 2004
Par **Un client**
Un ouvrage regroupant un nombre incroyable d'informations utiles et de références sur le monde de la construction. Les détails d'architecture, les matériaux mis en oeuvre, etc. Tout l'ouvrage brosse un panel complet des méthodes de construction traditionnelle mais aussi des techniques plus modernes.
Avez-vous trouvé ce commentaire utile ? Oui Non (Signaler ce commentaire)

Figure 34. Évaluation d'un produit sur Amazon

Le service d'évaluation du produit permet au client d'affecter à un produit un niveau de confiance (ou de fiabilité) sur une échelle de 5 niveaux (voir Tableau 10). Cette pondération permettra à d'autres clients potentiels d'estimer la fiabilité du produit. Ce type de dispositif vise à outiller la confiance issue d'un tiers (Kramer 1999) qui se transmet en général de manière plus informelle (ex. rumeur, réputation, etc.). Il s'agit en effet de capitaliser les avis des clients sur un produit en vue de conseiller les futurs acheteurs.

Considérons l'exemple illustré par la Figure 34. L'ouvrage « Bâtir » de Vittone est évalué à 4 sur une échelle de 5. L'auteur de l'évaluation a par conséquent aimé l'ouvrage, il en décrit d'ailleurs les raisons dans son commentaire. Ce commentaire peut lui-même faire l'objet d'une évaluation en ce qui concerne son utilité. Dans notre exemple, un internaute a trouvé ce

⁷⁰ <http://www.amazon.com> / <http://www.amazon.fr>

commentaire utile. Cette évaluation portant sur l'utilité du commentaire a pour objectif, dans la mesure où il existe plusieurs commentaires pour un même produit, de les ordonner en fonction de leur utilité, les plus utiles étant placés de manière à être lus dans un premier temps et les moins utiles dans un second temps.

Tableau 10. Échelle d'évaluation du produit et du vendeur sur Amazon.com

Échelle de l'évaluation du produit		Échelle de l'évaluation du vendeur	
Représentation	Valeur	Représentation	Valeur
★☆☆☆☆	<i>Je déteste</i>	★☆☆☆☆	<i>Très négative</i>
★★☆☆☆	<i>Je n'aime pas</i>	★★☆☆☆	<i>Négative</i>
★★★☆☆	<i>C'est ok</i>	★★★☆☆	<i>Neutre</i>
★★★★☆	<i>J'aime</i>	★★★★☆	<i>Positive</i>
★★★★★	<i>J'adore</i>	★★★★★	<i>Très positive</i>

Le service d'évaluation de la fiabilité des partenaires de la transaction est né de la nécessité de conseiller les utilisateurs pour des transactions qui ne seraient pas assurées directement par Amazon. Le site propose en effet, pour les ouvrages dont il ne peut assurer la vente (ex. ouvrage d'occasion), une évaluation du vendeur qui repose sur les appréciations issues de l'expérience d'autres clients. Cette information contribue à la fiabilité perçue par le client et peut dès lors influencer sa décision. Le client choisira plus naturellement de mener une transaction avec un vendeur dont les évaluations sont positives. Considérons l'exemple issu de la Figure 35, le vendeur mis en évidence possède 85% d'évaluations positives (4,5 étoiles). La vue détaillée permet l'analyse approfondie des données et l'accès aux différents commentaires.

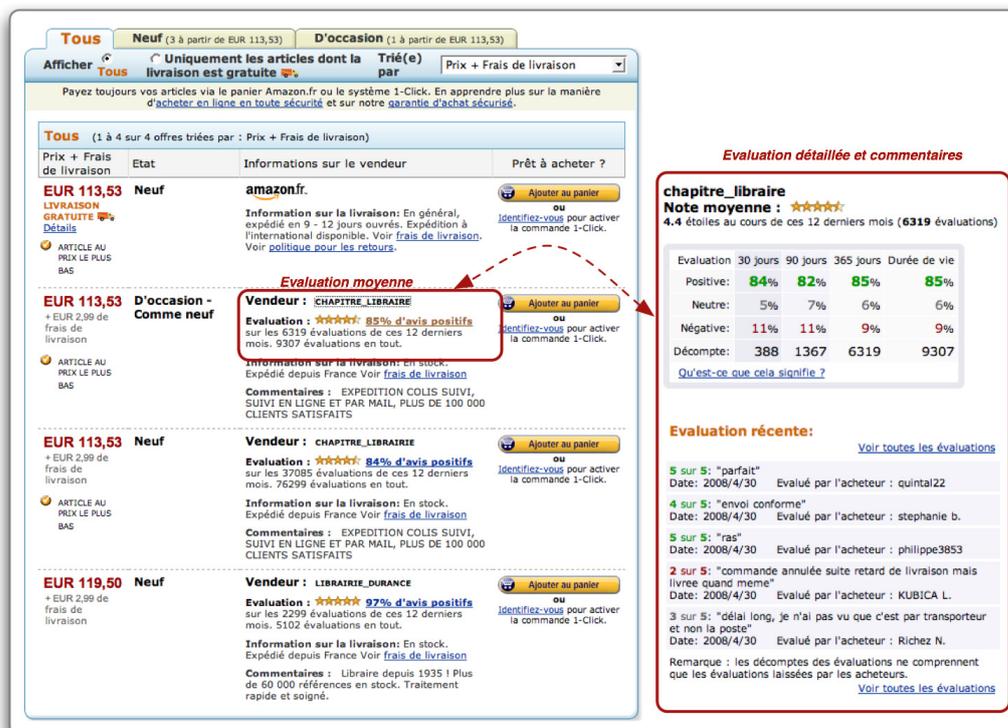


Figure 35. Évaluation du vendeur sur Amazon

Le dernier service proposé par Amazon.com auquel nous allons nous intéresser suggère d'identifier les similitudes entre les clients afin de proposer une offre personnalisée. La liste de produits est introduite de la manière suivante : « *Les clients qui ont acheté des articles figurant dans l'historique de vos dernières commandes ont également acheté* ». En somme, il s'agit de rendre explicite la confiance basée sur la catégorie (Kramer 1999), le fait de partager des similarités avec d'autres clients m'assure de la fiabilité de leur choix. Illustrons ce service avec l'exemple suggéré par Filippo Ulivieri (Ulivieri 2004). Si vous viviez à New York, vous pourriez être amené à constater que beaucoup de New Yorkais achètent un certain livre. La connexion établie entre les clients rend dès lors l'offre plus pertinente.

2.4.2.2. Epinions.com

Epinions.com⁷¹ est un portail sur Internet dont l'objectif est de recueillir les avis des consommateurs sur tout type de produit : les voitures, le matériel informatique, les livres, les films, etc. Ce site est destiné à conseiller de manière objective (ou plutôt, de manière rationnellement subjective) les consommateurs avant tout achat en fournissant des évaluations détaillées de chaque produit analysé. Le site fonctionne sur le principe de la communauté (Ekstrom 2004), chacun étant libre de faire bénéficier la communauté de son expérience d'un article particulier.

The screenshot shows a product page for the Apple MacBook Air (MB003LL/A) on Epinions.com. At the top, there is a product image and the title 'Apple MacBook Air (MB003LL/A) Mac Notebook'. Below the image, the overall rating is 4.5 stars (4 full stars and 1 half star), reviewed by 2 users. There are links for 'Compare Prices', 'View Details', 'Read Reviews', and 'Write a Review'. A 'Read Review of Apple MacBook Air (MB003LL/A) Mac Notebook' section is highlighted. The review summary includes the title 'MacBook Air - The Road Warrior's Companion', the date 'Feb 12 '08 (Updated Mar 07 '08)', and a 4.5 star rating. The review text includes sections for 'Ease of Use' and 'Quality of Tech Support', both with progress bars. The 'Pros' section states: 'Slim, sleek, light and fast - a real computer companion for the road.' The 'Cons' section states: 'Not cheap but value for money, no internal optical drive'. The 'The Bottom Line' section states: 'A truly intelligent compromise, designed for the road warrior or those who want or need a travel companion computer. Apple got lots right here.' The 'Full Review' section contains the main text of the review. On the right side, there is an 'About the Author' section with a profile picture and details: 'Epinions.com ID: jlc2005', 'Member: Juan Miguel Herrera', 'Location: Az, Jal, D.F.', 'Reviews written: 69', and 'Trusted by: 6 members'. There are also links for 'View all reviews by jlc2005' and 'View jlc2005's profile'.

Figure 36. Évaluation sur Epinions

Dans ce système, l'évaluation cible tant les produits que les « revues » de produit (évaluations). L'évaluation du produit (voir Figure 36) repose sur l'analyse de divers critères établis spécifiquement pour la nature de l'article analysé. Dans notre exemple, l'ordinateur portable fait l'objet de deux critères : la facilité d'usage et la qualité du support technique (voir Figure 37). L'évaluation globale (*Overall rating*) est calculée sur base des éléments suivants⁷² :

⁷¹ <http://www.epinions.com>

⁷² Source : <http://www.epinions.com>.

- La moyenne de l'évaluation du produit avec un poids affecté aux revues de haute qualité,
- Le nombre de revues relatives au produit,
- La date des revues relatives au produit.

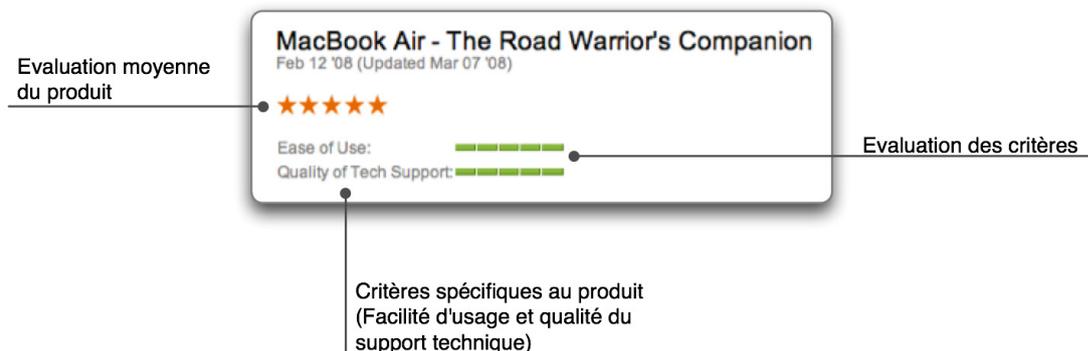


Figure 37. Évaluation d'un produit

Quant à l'évaluation de la revue de produit, elle permet de quantifier l'utilité d'une revue de produit pour un utilisateur qui vise l'achat d'un produit donné. Cette évaluation repose sur une échelle à 4 niveaux décrite dans le Tableau 11.

Tableau 11. Description de l'échelle de fiabilité de la revue d'un produit dans Epinions⁷³

Niveau	Sémantique	Description
1	<i>Pas utile</i>	La revue est hors sujet, erronée, choquante ou issue d'un copier-coller d'une autre source.
2	<i>Un peu utile</i>	La revue est pauvrement présentée ou quelque peu erronée.
3	<i>Bien utile</i>	La revue est juste et bien présentée.
4	<i>Très utile</i>	La revue est exceptionnellement juste, elle contient une quantité significative d'informations utiles en ce qui concerne le sujet et est très bien présentée.

En outre, Epinions repose sur la notion de Réseau de Confiance (*Web of Trust*). Chaque membre dispose de son propre réseau de confiance composé des évaluateurs dont les critiques et les pondérations lui ont paru pertinentes. Ce réseau de confiance se construit sur base de l'historique des relations entre acteurs, tout comme dans notre vie quotidienne. Si les conseils d'une personne vous apparaissent pertinents, vous pourriez en déduire que cette personne est digne de confiance et qu'elle pourra être de bon conseil à l'avenir. Vous pourriez par conséquent décider de l'intégrer à votre « réseau de confiance ».

Aussi, la création d'un tel réseau permet au système de personnaliser l'affichage de l'utilisateur en présentant en amont les critiques fournies par des membres de son réseau de confiance. Le principe est illustré par la Figure 38. Il s'agit tout simplement d'exploiter la confiance indirecte que l'on pourrait résumer par l'adage : « *Les amis de mes amis sont mes amis* ». Plus concrètement, dans notre exemple, si je fais confiance à John (Niveau élevé de confiance), je fais également confiance aux acteurs qui sont perçus comme dignes de confiance par John

⁷³ Tableau issu et traduit de Chang, E., Dillon, T. and Hussain, F. K. (2006). "Trust and Reputation for Service-Oriented Environments, Technologies for Building Business Intelligence and Consumer Confidence", Ed. Chichester, John Wiley & Sons, Ltd.

(Niveau moyen). Le réseau se structure ainsi en plusieurs sphères, les membres inscrits dans les sphères de confiance les plus proches sont perçus comme très fiables, tandis que ceux inscrits dans les sphères plus éloignées sont perçus comme moins fiables. Enfin, aucune confiance n'est accordée aux membres qui sont totalement extérieurs au réseau de confiance.

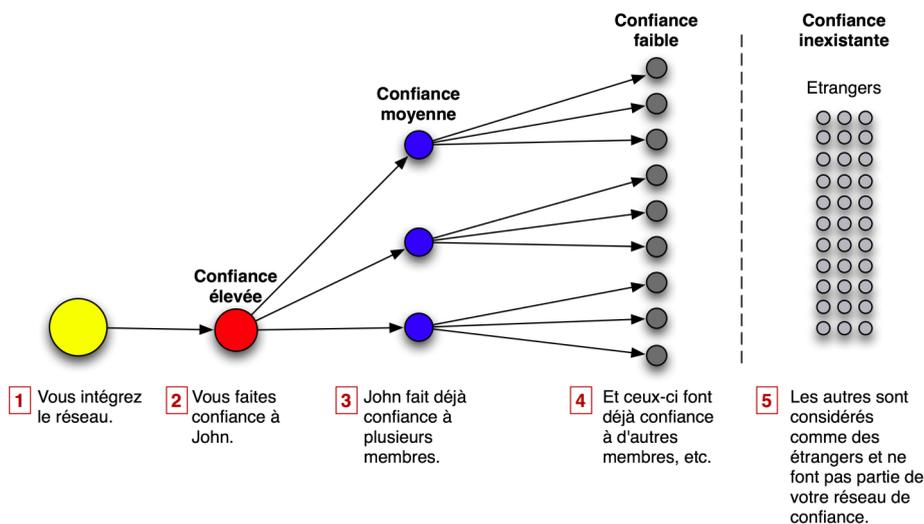


Figure 38. Réseau de confiance dans Epinions⁷⁴

(Ekstrom 2004) souligne toutefois que, bien que ce concept de réseau de confiance fasse l'objet de nombreuses études (voir par exemple les travaux de (Zacharia et al. 1999) ou de (Elmqvist et al. 2005)), tout le monde ne s'accorde pas sur le bien-fondé d'exploiter cette confiance indirecte : certains la considérant comme intuitive et d'autres pas.

2.4.2.3. eBay

eBay⁷⁵ est une plate-forme de ventes aux enchères dont la notoriété n'est plus à faire. Largement répandue dans le monde entier, elle permet à quiconque inscrit sur la plate-forme de vendre un bien ou de s'inscrire dans un processus d'enchères afin d'acquérir un objet.

La particularité du site eBay est qu'il est fondé sur un système d'évaluation de la réputation dont l'objectif est d'informer tout membre du risque qu'il court potentiellement s'il décide de s'engager dans une transaction avec un autre membre. Suite à chaque transaction, les utilisateurs peuvent fournir leurs avis quant à la manière dont elle s'est déroulée. Ces retours permettent ensuite de formaliser, pour chaque membre, un profil d'évaluation (évaluation en tant qu'acheteur - évaluation en tant que vendeur) composé des commentaires et des évaluations issus des transactions auxquelles ils ont participé (voir Figure 39).

⁷⁴ Illustration issue de Ekstrom, M. (2004). "Accounting for Rater Credibility when Evaluating Construction Industry Service Providers, CIFE Technical Report # 148". Stanford University, Stanford.

⁷⁵ <http://www.ebay.fr>

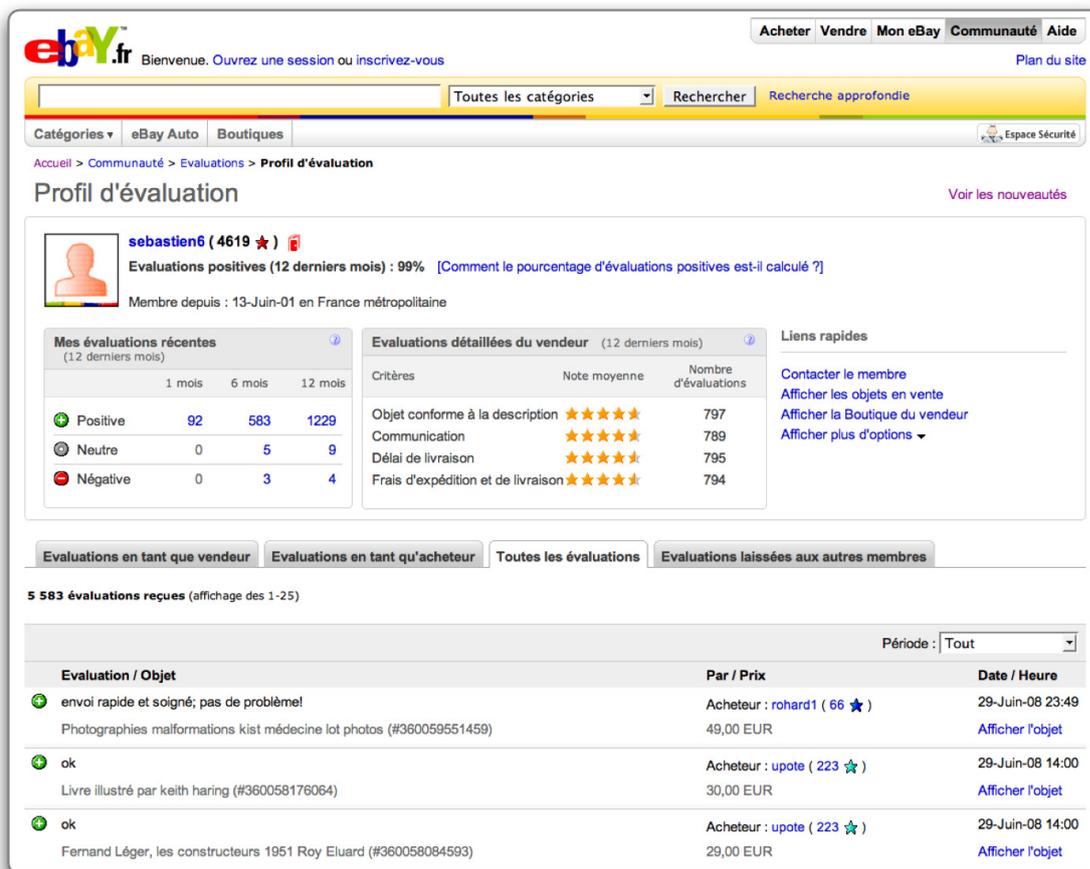


Figure 39. Évaluation d'un membre sur eBay

Le profil d'évaluation est déterminé à partir de la somme des évaluations, toute évaluation positive étant associée à la valeur « +1 », toute évaluation neutre à la valeur « 0 » et toute évaluation négative à la valeur « -1 ». Ensuite, la valeur obtenue renvoie à un indicateur sous la forme d'une étoile colorée (voir Figure 40). Si nous considérons l'exemple issu de la Figure 39, le profil d'évaluation correspond à la valeur 4619 et à une étoile rouge. eBay revendique le fait qu'une valeur élevée est une garantie de la fiabilité de l'acteur.

Etoile jaune (★) = 10 à 49 points
Etoile bleue (★) = 50 à 99 points
Etoile turquoise (★) = 100 à 499 points
Etoile violette (★) = 500 à 999 points
Etoile rouge (★) = 1 000 à 4 999 points
Etoile verte (★) = 5 000 à 9 999 points
Etoile filante jaune (★) = 10 000 à 24 999 points
Etoile filante turquoise (★) = 25 000 à 49 999 points
Etoile filante violette (★) = 50 000 à 99 999 points
Etoile filante rouge (★) = 100 000 points ou plus

Figure 40. Légende de l'évaluation globale sur eBay⁷⁶

⁷⁶ Source : <http://www.ebay.fr>.

Quant au pourcentage d'évaluation positive, il ne considère que les évaluations issues des douze derniers mois à l'exception des évaluations multiples qui seraient introduites par un même membre au cours d'une même semaine. Il est établi sur base de la formule suivante :

$$\frac{\textit{Positives}}{\textit{Positives} + \textit{Neutres} + \textit{Négatives}}$$

Dans notre exemple (voir Figure 39), la valeur est de 99% ($\frac{1229}{1229 + 9 + 4} = 0,99$).

L'ensemble de ces informations permet à toute personne souhaitant s'engager dans une transaction supportée par le système d'agir en connaissance des données relatives à la réputation de l'acteur. Aussi, de telles données permettront à tout acheteur de faire le choix le moins risqué, par exemple, en choisissant prioritairement les vendeurs ayant les meilleures évaluations. (Ekstrom 2004) met toutefois en évidence les limites de tels systèmes en soulignant le fait que les utilisateurs ayant des profils particulièrement négatifs peuvent se réinscrire sous un autre nom, et par conséquent bénéficier d'un passé neutre sur le système.

2.4.2.4. Synthèse

L'outillage de la confiance dans les systèmes e-business relève principalement de l'évaluation des produits ou des personnes. Les plates-formes analysées reposent sur la confiance issue des tiers (ou sur la réputation). En effet, la capitalisation et la formalisation des évaluations issues de l'expérience d'autres consommateurs permettent de déterminer une valeur de fiabilité représentative de l'opinion générale. Nous soulignerons également que parmi les systèmes analysés, certains offrent des services de confiance « avancés » permettant de personnaliser l'affichage des données en se focalisant sur les similitudes avec les autres utilisateurs ou encore sur le principe du réseau de confiance. Le Tableau 12 propose une synthèse des systèmes étudiés.

Tableau 12. Synthèse des services de confiance appliqués au domaine de l'e-business

Nom du système et objet	Outillage de confiance	Calcul	Représentation
Amazon http://www.amazon.fr Vente en ligne	- Évaluation des produits et des personnes - Personnalisation des données sur base de la similitude entre les personnes	Moyenne des évaluations Comparaisons statistiques	Nombre d'étoiles
Epinions http://www.epinions.com Recueil d'avis de consommateurs	- Évaluation des produits - Réseau de confiance	Moyenne pondérée	Nombres d'étoiles
eBay http://www.ebay.fr Vente en ligne basée sur les enchères	- Évaluation des personnes (pour les transactions)	Somme des évaluations	Étoile colorée

2.4.3. Les services de confiance dans le domaine de la construction

Nous allons maintenant nous intéresser aux services de confiance appliqués au secteur de la construction. Encore peu répandus dans les projets de construction courants, il s'agit de dispositifs d'évaluation de la performance des professionnels impliqués dans ces projets. Dans ces approches, les expériences antérieures menées avec les acteurs sont considérées comme des sources d'information exploitables pour anticiper le comportement de ces mêmes acteurs dans des projets futurs.

2.4.3.1. RatingSource

RatingSource⁷⁷ est un système d'évaluation de la performance destiné au secteur de la construction. Cette plate-forme a pour objectif de fournir à un organisme une information détaillée sur la perception que les autres intervenants ont de la qualité de son intervention. Les failles éventuellement identifiées peuvent ensuite faire l'objet d'une réflexion interne dans l'optique d'une amélioration continue. L'usage des données d'évaluation est interne à la structure (contrairement aux applications e-commerce analysées section 2.4.2 où les évaluations sont partagées). L'application permet également au coordinateur d'analyser la performance des membres de son équipe. Dans ce dessein, RatingSource soumet au coordinateur du projet une enquête en ligne à intervalles réguliers pendant la durée d'exécution du bâtiment. Cette enquête est matérialisée par un questionnaire couvrant quatre aspects majeurs pour l'évaluation de la performance des professionnels :

- La gestion et le processus administratif,
- L'efficacité et la flexibilité,
- La compétence technique et la créativité professionnelle,
- Les compétences en matière de communication.

Au total, vingt critères sont intégrés dans ces différentes catégories, et à chacun d'entre eux est associée une note (évaluation de 0 à 10). La Figure 41 illustre un rapport d'évaluation d'une agence d'architecture. Nous trouvons à droite une liste de critères à laquelle sont rapportées cinq notations correspondant aux cinq intervalles.

Ce système vise plusieurs objectifs :

- Exploiter l'analyse des performances passées en vue d'identifier les failles potentielles et de structurer un processus d'amélioration continue.
- Identifier la satisfaction des clients et structurer les retours quant aux prestations de l'entreprise.
- Assurer un suivi de projet centré sur la performance des membres de l'équipe projet. Chaque membre de l'équipe est interrogé sur la performance des organisations avec lesquelles il collabore. Ces résultats sont ensuite transmis au coordinateur qui gère la synthèse. De telles informations permettent d'identifier les potentiels problèmes en amont et motivent l'équipe dans un esprit d'amélioration continue.

⁷⁷ <http://www.ratingsource.com>

-Fournir des données objectives sur la performance des organisations. La maîtrise d'ouvrage, avant tout contrat, a la possibilité d'accéder aux évaluations des organismes sur les projets antérieurs. Elle peut ainsi s'entourer des organisations les plus adaptées pour réaliser son projet, tant pour les aspects de conception, que d'exécution.



Figure 41. Évaluation sur RatingSource

RatingSource offre une flexibilité aux utilisateurs du système en ce qui concerne l'accès aux données d'évaluation. Il est possible de n'utiliser le système qu'au niveau interne mais également de partager les informations entre les organismes (Ekstrom 2004).

En outre, RatingSource permet la génération de rapports d'évaluation traçant la performance des acteurs, à la fois au cours des intervalles définis pour un projet, mais également au fil des divers projets menés par l'organisme.

Nous remarquerons que de tels systèmes sont progressivement intégrés dans les structures du secteur AIC. Nous citerons plus précisément pour exemple les entreprises générales de construction désireuses de tracer la performance de leurs sous-traitants.

2.4.3.2. AEC Performance

AEC Performance⁷⁸ est un système assez similaire à RatingSource. Il permet à un organisme de recueillir les évaluations des membres de son équipe tout au long du déroulement du projet, et ensuite de les analyser dans l'idée d'une démarche d'amélioration continue. Les évaluations font l'objet d'un usage interne à la structure. La performance est établie sur base d'un questionnaire d'enquête disponible en ligne. La Figure 42 en illustre un exemple.

Evaluation Report	
Rated Branch Fake General Contractors, Inc. Main Office 523 Montrose Ave Cleveland, OH 44114	Evaluating Company Beards Carpentry Services, Inc. 2415 Leawood Ave. Huber Heights, OH 45429
Rater: Waddell, Gary L. Question Bank: Standard General Contractors	Evaluation Date: 3/8/2005
Project Springfield Office Center 3598 Derr Rd. Springfield, OH 45503	Project Manager Morton, Sandy
Question	Answer
Timeliness & Efficiency	
1. Are we at or under budget?	8
2. Are we on or under schedule?	8
Quality of Work	
3. How would you rate the overall quality of our work?	8
4. How would you rate the quality of our materials and equipment?	8
5. How would you rate our final inspection process?	10
6. How would you rate our close out process?	8
7. How highly would you rate the quality of our end product?	9
8. How would you rate our follow-up after project completion?	8

Figure 42. Rapport d'évaluation individuelle d'un organisme sur AEC Performance

AEC Performance permet aux utilisateurs d'adapter le questionnaire à leurs besoins. Les organismes peuvent choisir de se faire évaluer sur base du questionnaire standard ou sur base d'un questionnaire établi par leur soin. Si le choix se porte sur la seconde option, deux types de questions peuvent être exploités :

- Les questions dont les réponses sont associées à une note de 0 à 10.
- Les questions ouvertes dont les réponses sont libres.

Sur base de ces données, AEC Performance propose des services d'analyse :

- Analyse des retours des clients sur les projets antérieurs,
- Analyse de la performance sur le projet en cours en vue de corriger les problèmes éventuels,
- Analyse de la performance d'un intervenant en fonction de la perception des autres membres de l'équipe projet.

La Figure 43 illustre pour exemple un rapport une synthèse des évaluations de la performance des diverses catégories d'acteurs pour un projet donné.

⁷⁸ <http://www.aecperformance.com>

Overall TPE Report						
Filter Used:						4/12/2005
Date From	High Score					
Date To	Low Score					
	Overall	Owners	Architects	Engineers - Geotechnical	Engineers	General Contractors
Memorial Herrmann Medical Plaza	7.5	6.9	7.6	7.5	7.6	7.5
Hartfield-Atlanta	7.6	7.6	7.4	7.3	n/a	7.4
Fosco Community Center	7.5	7.2	7.5	n/a	n/a	7.5
U Dayton Science Center	7.4	n/a	7.4	n/a	n/a	7.5
TOTAL	7.5	7.3	7.5	7.4	7.6	7.5
	Subs - Acoustical	Subs - Carpentry (Framing)	Subs - Carpentry (Trim)	Subs - Concrete	Subs - Electrical	Subs - Fire/Sprinkler
Memorial Herrmann Medical Plaza	7.1	7.6	7.8	7.4	7.6	7.9
Hartfield-Atlanta	n/a	n/a	n/a	7.4	7.4	n/a
Fosco Community Center	n/a	7.3	7.2	7	7.9	7.2
U Dayton Science Center	n/a	7.3	7.3	7.5	7.3	n/a
TOTAL	7.1	7.4	7.4	7.3	7.6	7.6
	Subs - HVAC	Subs - Drywall	Subs - Painting	Engineers - Civil	Engineers - Environmental	Subs - Demolition
Memorial Herrmann Medical Plaza	7.1	7.4	7.4	n/a	n/a	n/a

Figure 43. Rapport d'évaluation de la performance des équipes-projets (AEC Performance)

2.4.3.3. TrustBuilder

Les travaux de Martin A. Ekström (Ekstrom et al. 2002; Ekstrom 2004) s'intéressent à la phase d'appel d'offres. Il pose le constat suivant : si les entreprises de construction (entreprise générale, sous-traitant, fournisseurs, etc.) ne font jamais (ou très rarement) le choix d'une collaboration avec une firme inconnue, c'est parce que dans ce secteur d'activité, il réside un climat de méfiance. Son hypothèse est qu'un tel climat peut être dépassé par l'introduction d'un système qui évaluerait les performances passées des entreprises et permettrait le partage des données à l'instar d'outils présents dans le domaine de l'e-commerce (par ex. eBay). Il propose donc un prototype appelé TrustBuilder destiné à la sélection des sous-traitants. Cet outil repose sur un modèle de calcul des évaluations « évolué », car les évaluations sont pondérées en fonction de la crédibilité de l'évaluateur. L'outil établit cette crédibilité en comparant les évaluations établies par l'utilisateur avec celles établies par un autre évaluateur pour les mêmes sujets. L'écart entre les valeurs détermine la crédibilité de l'évaluateur selon le point de vue de l'utilisateur. Un écart élevé entre les évaluations est synonyme de faible crédibilité.

L'interface de TrustBuilder (voir Figure 44) permet à l'utilisateur de comparer deux offres issues de deux sous-traitants. L'utilisateur peut visualiser pour chacun d'eux une note globale pondérée selon la crédibilité des évaluateurs. Ensuite, il peut prendre connaissance de l'accord des évaluateurs et de la crédibilité totale des évaluateurs. Ces derniers font en outre l'objet d'un tableau dans lequel sont reprises les informations liées à leur rôle et à leur crédibilité. Enfin, l'utilisateur a la possibilité d'adapter les offres par un facteur de contingence. Ce facteur permet à l'utilisateur de parer à l'incertitude de l'offre en fournissant une évaluation du pourcentage d'« absorption » de risque dont résulte une valeur de ce qui, potentiellement, pourrait être ajouté au montant de l'offre. Au terme de cette consultation, l'utilisateur peut sélectionner la meilleure offre.

Select Best Bid
 Below we present bids from two different subcontractors along with their ratings. Please enter what you consider to be appropriate contingencies for each of the two bidders. Then select the best bid before pressing "Done" to exit.

Trade: *Metal Fabrications (Tube and Ornamental)*
 CSI-Code: 5500

Bidder 1
B Metal Fabrication
Please Adjust Contingency.

Bid (\$): 16000
 Contingency (%): 9
 Final Estimate (\$): 17440

BuildRate Rating: *Good/Fair* (Weighted by rated credibility)
 Poor ————— Very Good

Overall Rater Agreement *High* Total Rater Credibility *High*

The BuildRate rating above is calculate based on ratings from the following raters:

Rater Identity	Estimator	Crummy Contracting	Rater Credibility
Cheal Benson	Estimator	Crummy Contracting	Low
Dirk Hanson	Estimator	CalBuild	Medium/Somewhat Hi
Honest Wallace	Project Manager	Quality Contracting	Very High
Paul Owen	Project Manager	CalBuild	Medium/Low

Bidder 2
Globe Iron Construction
Please Adjust Contingency.

Bid \$): 16293
 Contingency (%): 3
 Final Estimate (\$): 16781.79

BuildRate Rating: *Good/Fair* (Weighted by rated credibility)
 Poor ————— Very Good

Overall Rater Agreement *Medium* Total Rater Credibility *High*

The BuildRate rating above is calculate based on ratings from the following raters:

Rater Identity	Estimator	Crummy Contracting	Rater Credibility
Dirk Hanson	Estimator	Crummy Contracting	Low
Honest Wallace	Project Manager	Quality Contracting	Very High
Chris Adams	Project Manager	Crummy Contracting	Medium/Low
Charles Anderson	Project Manager	Quality Contracting	High/Somewhat High

Finally, select the best bid.
 The best bid is provided by: B Metal Fabrication Globe Iron Construction

Done

Figure 44. Vue de l'interface de TrustBuilder « Select best bid » / « Sélection de la meilleure offre »

2.4.3.4. WEBSSES

WEBSSES est issu d'un travail de recherche actuel (Arslan et al. 2008). Cet acronyme signifie « *WEB-based Sub-contractor Evaluation System* ». Il s'agit d'un outil d'évaluation de la performance des sous-traitants dont l'objectif premier est d'assister le processus de sélection des sous-traitants par les entreprises générales.

La phase d'appel d'offres est une phase importante dans le projet de construction, de laquelle dépendra la qualité finale du bâtiment. Pour l'entreprise générale, il s'agit de s'entourer des sous-traitants les plus qualifiés pour la mission.

Pour ce faire, elle doit considérer une série de facteurs qui vont conditionner son choix (Arslan 2008) :

- La qualité de la production,
- L'efficacité,
- L'emploi de ressources qualifiées,
- La réputation de l'organisme,
- La capacité à réaliser le travail dans les délais escomptés, etc.

L'application WEBSSES a pour objectif d'aider les entreprises générales à sélectionner le sous-traitant le plus adapté pour la tâche de construction considérée. Elle repose sur une centralisation des évaluations des sous-traitants effectuées par les entreprises générales pour lesquelles ils ont été amenés à travailler.

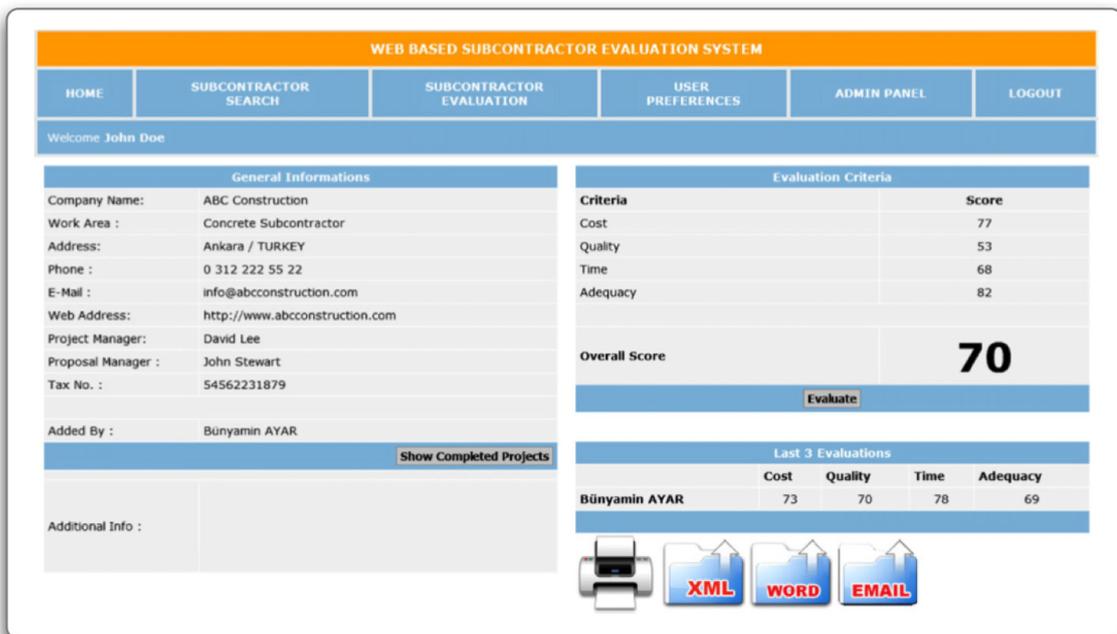


Figure 45. Vue de l'interface de consultation de l'évaluation d'un sous-traitant sur WEBSES

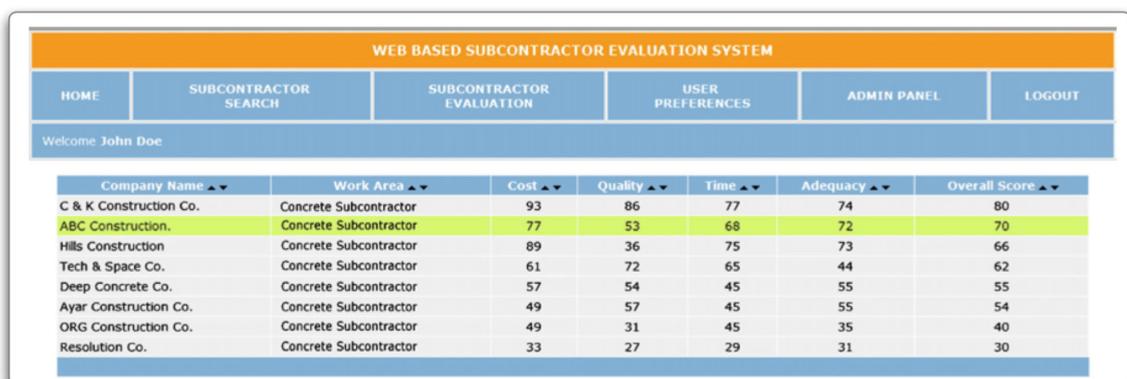


Figure 46. Résultat d'une recherche de sous-traitants sur WEBSES

Cette application suggère deux services : un service d'évaluation des sous-traitants et un service de recherche :

- Le *service d'évaluation* des sous-traitants est structuré selon quatre points de vue principaux estimant respectivement la performance selon le coût, la qualité, les délais et l'adéquation aux tâches à réaliser. Ensuite, chacune de ces catégories comporte une série de critères à évaluer sur une échelle de 1 à 10. Dès que les valeurs sont introduites dans le système, l'organisme est associé à une fiche de synthèse intégrant un score global de performance (valeur sur 100). La Figure 45 illustre les informations détaillées pour une entreprise donnée, la Figure 47 précise les sous-critères pour chacune des catégories.
- Le *service de recherche* de WEBSES permet de combiner divers critères en vue d'identifier les sous-traitants qui seraient les plus adaptés à la mission visée. La Figure 46 illustre le résultat d'une recherche. Chaque colonne peut être filtrée en vue de faciliter l'analyse des données.

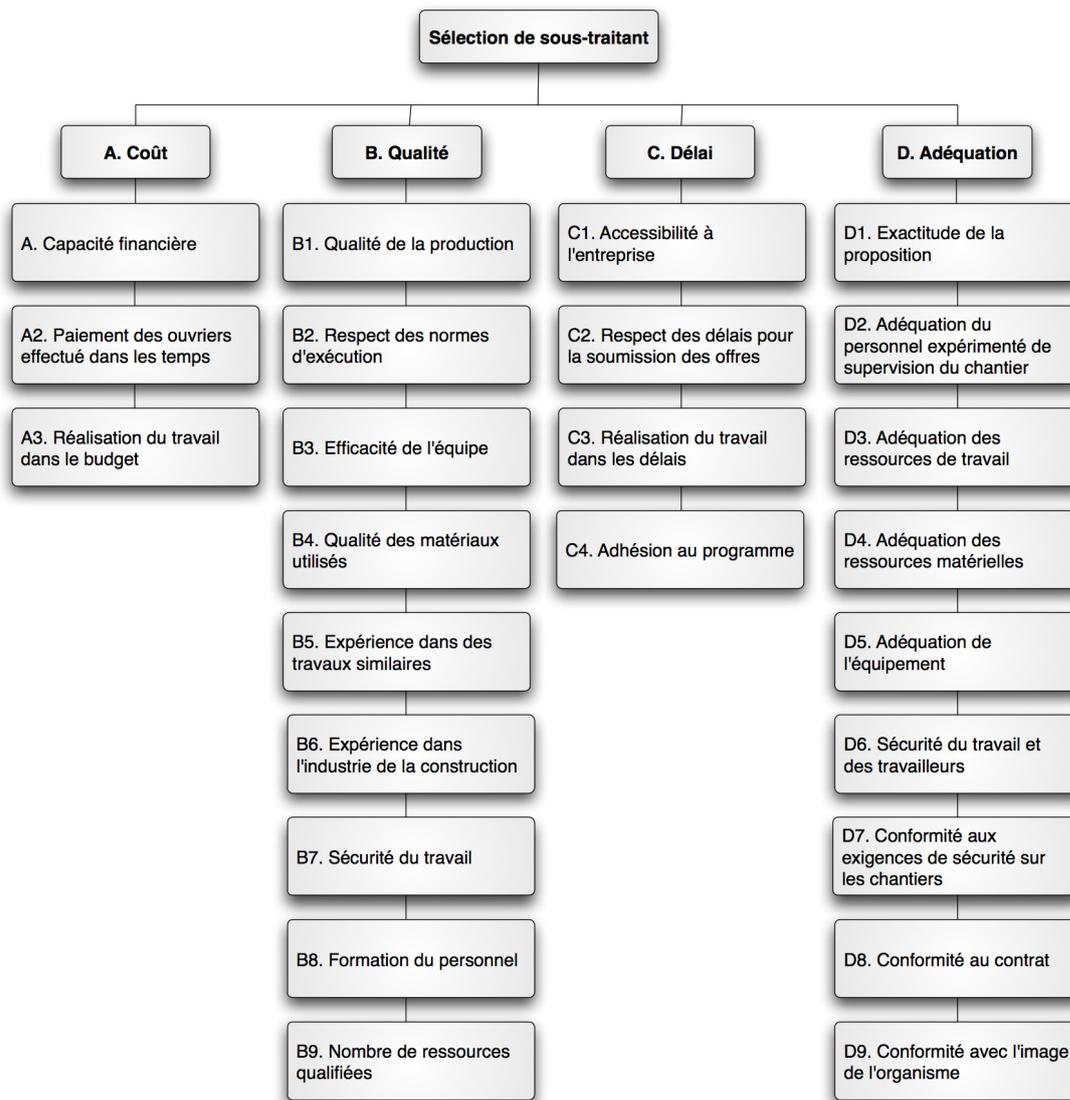


Figure 47. Critères d'évaluation des sous-traitants⁷⁹

2.4.3.5. Synthèse

Les quatre systèmes analysés ci-dessus reposent principalement sur une évaluation des expériences antérieures. Outre leur utilité en matière d'amélioration continue des structures, ces systèmes supportent les mécanismes de réputation et permettent à tout utilisateur de s'assurer de la fiabilité des entreprises. Nous ne négligeons pas le fait qu'ils posent certaines questions, notamment sur la confidentialité des évaluations (Qui évalue ? Qui a accès à ces évaluations ?), ou encore le fait que de tels outils puissent mener à l'exclusion de certaines structures du processus d'appel d'offres. Toutefois, nous estimons qu'ils permettent une évaluation complète, structurée et objective des entreprises, et qu'ils visent à la sélection de l'entreprise la plus adaptée à la tâche qu'il convient de réaliser. Nous suggérons par exemple, de considérer le cas d'une entreprise particulièrement efficace du point de vue de la qualité du travail exécuté, mais

⁷⁹ Schéma issu et traduit de Arslan, G., Kivrak, S., Birgonul, M. T. and Dikmen, I. (2008). "Improving sub-contractor selection process in construction projects: Web-based sub-contractor evaluation system (WEBSSES)". *Automation in Construction*, 17(4), 480-488.

dépassant systématiquement les délais impartis. Les outils d'évaluation de la performance permettraient de nuancer son évaluation, et par conséquent, de l'affecter aux projets pour lesquels les délais seraient un peu plus souples.

Les outils d'évaluation de la performance nous renseignent sur la capacité d'une entreprise à réaliser une tâche particulière, c'est pourquoi nous considérons leur intérêt en termes de services de confiance.

Le Tableau 13 propose une synthèse des quatre dispositifs que nous avons analysés.

Tableau 13. Synthèse des services de confiance appliqués au domaine de la construction

Nom du système et objet	Outillage de confiance	Calcul	Représentation	Usage des évaluations	Origine
RatingSource http://www.ratingsource.com Service d'évaluation de la performance en ligne	- Évaluation des organismes	Moyenne des évaluations	Note sur 10	Données utilisées en interne	USA
AEC Performance http://www.aecperformance.com Service d'évaluation de la performance en ligne	- Évaluation des organismes	Moyenne des évaluations	Note sur 10	Données utilisées en interne	USA
TrustBuilder Service d'évaluation de la performance en ligne basé sur la crédibilité	- Évaluation des organismes	Moyenne pondérée des évaluations	Valeur qualitative	Données partagées	USA (Stanford University)
WEBSES Service d'évaluation de la performance en ligne	- Évaluation des organismes	Moyenne des évaluations	Note sur 100	Données partagées	Turquie (Anadolu University & Middle East Technical University)

2.5. Synthèse

Nous avons vu que la confiance peut être considérée comme un dispositif permettant de surmonter les incertitudes (Luhmann 1968). Or, s'il est un environnement incertain, c'est bien le chantier de construction. (Guffond 2001) nous précise que cette situation est due à la nature prototypique de la coordination de chantier.

L'activité de construction est par nature une activité de projet. Chaque opération répond à une demande particulière. La conception du bâti est l'aboutissement d'un travail collectif. La réalisation est marquée par l'intervention de nombreux métiers. Les prix sont arrêtés par contrat avant le début des travaux. Le chantier est un lieu de production forain. Les aléas géologiques, climatiques ou économiques y sont quasi-permanents.

Dans un tel contexte, nous ne pouvons envisager la coopération sans confiance. Il nous faut toutefois préciser sur quoi porte cette confiance, car dans une activité de chantier, il ne suffit pas de considérer la fiabilité des divers intervenants pour s'engager en toute confiance⁸⁰. En effet, la confiance porte plus largement sur la bonne progression de l'activité collective, sur l'espérance de l'atteinte des résultats escomptés, etc. Plus concrètement, la confiance porte sur chacune des dimensions de l'activité coopérative (voir Figure 48) :

- L'activité et son déroulement,
- L'acteur et sa capacité à réaliser la tâche dont il est responsable,
- Les documents dont l'état conditionne la réalisation,
- Les ouvrages et leur exécution.

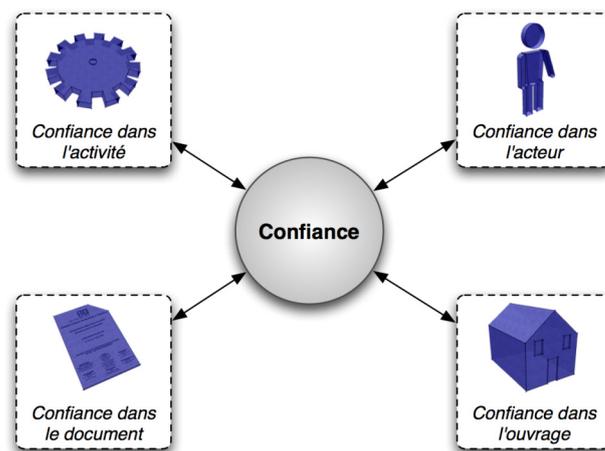


Figure 48. Les quatre dimensions de la confiance dans l'activité de chantier

Nous suggérons dès lors d'étendre notre Figure 33 afin d'inclure ces diverses dimensions de la confiance (voir Figure 49).

⁸⁰ Nous rappellerons ici que notre approche de la confiance considère que la décision d'agir en confiance est liée à un processus cognitif qui permet à un acteur d'identifier la fiabilité perçue du Trustee : un autre acteur, une organisation ou un artefact...

Nous avons vu que le contexte était déterminant dans la prise de décision de confiance et qu'il se déclinait sous différentes formes (voir section 2.3.6) :

- Le contexte de l'activité qui intègre les aspects liés à l'activité collective [1],
- Le contexte de l'acteur qui se focalise sur les mécanismes cognitifs au terme desquels, l'acteur estime la confiance dans chacune des dimensions de l'activité collective (activité, acteur, ouvrage, document) et adapte son action [2],
- Le contexte de l'utilisateur qui rend compte de la médiation acteur-outil [3].

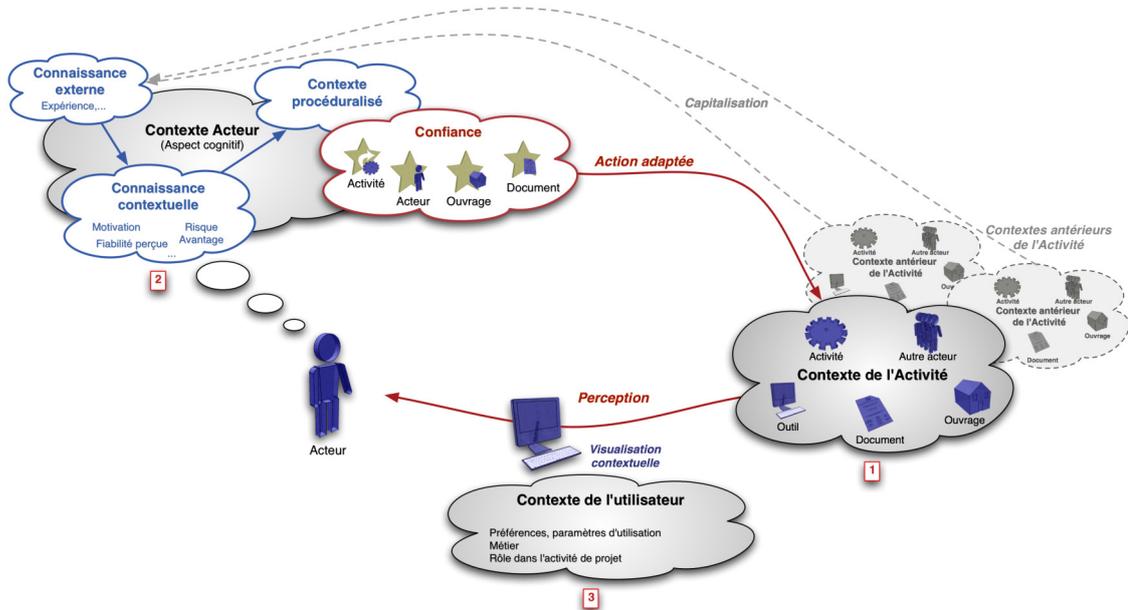


Figure 49. Confiance et contexte, synthèse de l'approche

En conclusion, cette première partie nous a permis de traiter des spécificités du secteur AIC et de la coordination en phase chantier. Elle nous a également permis de définir notre approche de la confiance et du contexte. En outre, l'étude sur les services de confiance a mis en évidence son potentiel au travers d'exemples issus du secteur e-business et du secteur de la construction. Nous considérons que la représentation de la confiance, non plus uniquement dans un acteur ou une organisation, mais dans chacune des dimensions de l'activité collective, constituerait une nouvelle approche de la perception du contexte de coopération qui permettrait à l'acteur de mieux adapter son action sur le contexte de l'activité.

La seconde partie de cette thèse s'attachera à démontrer cette hypothèse. Nous commencerons par étudier les sources d'information disponibles en vue de déterminer la confiance et d'automatiser son évaluation. Ensuite, nous proposerons un modèle mathématique sur base duquel nous pourrions affecter une valeur à la confiance et enfin, nous proposerons un outil qui supportera ce modèle.

PARTIE II

L'instrumentation de la confiance comme support à la mission de coordination de chantier

Résumé

Cette seconde partie de ce travail de thèse proposera une nouvelle approche du pilotage de l'activité de construction et se focalisera sur la mise en oeuvre de la représentation de la confiance dans le bon déroulement de l'activité au sein d'un outil d'assistance à la coordination. Plusieurs étapes structureront notre étude. Nous commencerons par une première phase destinée à l'obtention de la connaissance du domaine. Aussi, nous constituerons une version persistante du contexte de coopération autour de laquelle nous développerons des services logiciels assurant son alimentation. Deux services logiciels implémentés dans le cadre du projet de recherche luxembourgeois Build-IT seront décrits : l'un dédié aux comptes-rendus de chantier, et l'autre à l'échange de documents. Puis, nous identifierons les aspects sur lesquels repose la confiance, et nous déterminerons des critères mesurables dont les valeurs pourront être obtenues à partir des informations du contexte de coopération. Nous établirons alors un modèle mathématique destiné à évaluer la confiance dans le bon déroulement de l'activité, et la méthode de calcul sera mise en oeuvre au sein d'un prototype dénommé Bat'iTrust. Cette proposition reposera sur une architecture logicielle multi-vues et orientée service. Elle sera constituée d'un tableau de bord représentant des indicateurs de confiance et guidant la navigation au sein des informations du contexte de coopération. Enfin, nous ferons état des résultats de la phase d'expérimentation durant laquelle notre proposition a été confrontée à des sujets expérimentaux représentatifs du domaine.

Mots-clés : *Tableau de bord, Indicateurs de confiance, Contexte de coopération, Système d'information, Architecture Orientée Service (SOA), Interface Homme-Machine (IHM), Interfaces riches*

Abstract

This second part will suggest a new vision of construction activity monitoring. It will especially focus on representing trust in the good progress of the activity in a coordination assistance tool. This aim relies on numerous steps. A first one consists in obtaining domain knowledge. We will describe how we reach a persistent cooperation context around which we develop services ensuring its use and its coherence. Two software services developed in the framework of the Build-IT Luxembourgish research project will be described: a first one dedicated to meeting report management and a second one supporting document exchanges. Then we will identify the aspects on which trust relies and we will determine measurable criterions that cooperation context information could provide. We will establish a mathematical model aiming to evaluate trust in the good progress of the activity and we will implement it in a prototype tool called Bat'iTrust. This proposition relies on a multi-views, service-oriented architecture. It will be constituted by a trust-based dashboard representing trust indicators and guiding the navigation inside information of the cooperation context. Finally, we will present in details the results of the experiment stage during which our proposition has been confronted to experimental subjects representative of the construction domain.

Keywords: *Dashboard, Trust indicators, Cooperation context, Information system, Service-Oriented Architecture (SOA), Human-Computer Interface (HCI), Rich Interfaces*

CHAPITRE 3. La modélisation de la connaissance du domaine

Ce chapitre 3 débute la seconde partie de ce travail de thèse qui traitera de l'instrumentation de la confiance comme support à la mission de coordination. Cette question relative au développement d'outils logiciels s'inscrit naturellement dans une dynamique de recherche collective et pluridisciplinaire. Les résultats qui seront présentés dans cette partie sont issus d'un travail mené en étroite collaboration avec des informaticiens, des professionnels de la construction, des architectes, un mathématicien, etc. Ils puiseront leur source dans les concepts théoriques étudiés dans la première partie de ce mémoire de thèse.

Afin de mener cette réflexion sur l'instrumentation de la confiance dans le bon déroulement de l'activité de construction, nous suggérons de structurer notre approche en cinq étapes inspirées par (Chang 2006) :

- La première consiste à obtenir la connaissance du domaine (voir Chapitre 3 et Chapitre 4).
- La seconde étape est destinée à l'identification des aspects sur lesquels repose la confiance (voir Chapitre 5).
- La troisième étape est réservée à la détermination de critères mesurables qui pourront être évalués en nous fondant sur la connaissance issue du contexte de coopération (voir Chapitre 5).
- La quatrième étape vise à définir la méthode de calcul de la confiance (voir Chapitre 5).
- Enfin, la cinquième étape se concentre sur l'implémentation des résultats obtenus précédemment au sein d'un outil informatique (voir Chapitre 6).



Figure 50. Cinq étapes pour l'instrumentation de la confiance

Ce chapitre 3 se concentrera sur la modélisation de la connaissance du domaine. Nous avons mis précédemment en évidence la proximité entre la notion de contexte et la notion de confiance (section 2.3). Aussi, au travers de ce chapitre, nous chercherons à décrire et modéliser le contexte de coopération d'une activité de construction, et nous présenterons une infrastructure conceptuelle et logicielle permettant de centraliser et de capitaliser cette connaissance.

Nous commencerons par aborder les modèles de données spécifiques au domaine AIC établis pour assurer le partage de la connaissance liée au projet de construction. Ensuite, nous introduirons une ontologie décrivant le contexte de coopération. Enfin, nous identifierons les outils courants et émergents qui assistent la mission du coordinateur-pilote et nous proposerons une caractérisation fonctionnelle et conceptuelle de ces outils.

3.1. Le secteur AIC : un initiateur de modèles

L'interopérabilité des systèmes informatiques et de description du bâtiment exploités par les intervenants du projet tout au long de l'opération de construction, de la phase de conception à la phase de maintenance, a consisté dès le début des années 90 en un véritable domaine de recherche. L'enjeu est en effet de taille, car améliorer l'interopérabilité des systèmes contribue à améliorer la coopération, à limiter la ressaisie d'information et dès lors, à limiter les risques d'erreur. Par ailleurs, certaines études telles que (Gallaher et al. 2004)⁸¹ font apparaître que ces problèmes ont un coût non négligeable.

Parmi les travaux menés sur cette thématique, nous pouvons citer des initiatives françaises soutenues par le Plan Construction et Architecture dès le début des années 1990 (Ferries et al. 1997), telles que :

- GSD (Groupe de Structuration de Données) qui vise essentiellement le domaine de la conception.
- MOB destiné à établir un « Modèle Informatique des Objets du Bâtiment » en vue de faciliter les échanges entre les entreprises et la maîtrise d'œuvre.
- ISOBAT qui cible l'échange de données dans le contexte spécifique de la gestion technique de patrimoine.

⁸¹ Cette étude du NIST (National Institute of Standards and Technology) établie en 2004 estime le coût des défauts d'interopérabilité dans l'industrie de la construction américaine (aménagements commerciaux, institutionnels et industriels) à 15,8 milliards de dollars par an.

- SIGMA qui suggère une synthèse des principaux projets français menés sur l'échange de données du bâtiment et qui a pour objectif de définir un modèle de référence visant l'ensemble du cycle de vie d'une opération de construction (Debrune et al. 1996).

Nous pouvons également citer d'autres projets internationaux (Ferries 1997; Eastman 1999) tels que :

- Ratas, une initiative du Centre de recherche VTT en Finlande dont l'objectif était de proposer un modèle décrivant les objets du bâtiment en vue de faciliter l'échange d'information entre les diverses applications logicielles. Ce modèle avait pour objectif de contenir toutes les informations nécessaires à la construction et à la maintenance du bâtiment. En outre, le modèle se voulait totalement indépendant des solutions logicielles existantes (Björk 1989).
- CimSteel, un projet européen qui débute en 1987 destiné à améliorer l'efficacité de l'industrie de la construction en acier. L'objectif était d'établir un standard ouvert reflétant le marché international de la construction en acier et qui serait exploité pour tous les développements logiciels (Watson 1995). Aujourd'hui, le résultat est connu sous le nom de CIS (CIMsteel Integration Standards)⁸² et a fait l'objet de nombreuses implémentations.
- Combine, un projet de l'Union Européenne qui avait pour objet l'efficacité énergétique des bâtiments. Ce projet a notamment abouti à la définition d'un modèle de données du bâtiment spécifiant des composants relatifs à la notion d'énergie ainsi que leurs propriétés, et incluant notamment les équipements HVAC.

Ces travaux ont ouvert la question de l'interopérabilité et de la modélisation sémantique des données du bâtiment. Toutefois aujourd'hui, ils ne font plus l'objet d'un consensus (Bignon 2002), seul CimSteel fait toujours l'objet d'extensions basées sur les besoins des utilisateurs. Nous développerons dans cette section deux approches plus actuelles et plus proches de notre centre d'intérêt. La première s'intéressera à la modélisation sémantique des objets du bâtiment, et plus particulièrement au modèle IFC (*Information For Construction*) et se focalisera sur les travaux de l'IAI (*International Alliance for Interoperability*). La seconde se concentrera sur l'activité de conception-construction et plus globalement sur la modélisation du contexte de coopération. Nous évoquerons alors les travaux antérieurs menés au laboratoire CRAI.

3.1.1. Une approche des données produits-bâtiment : le modèle IFC

Le standard IFC (Information For Construction) est issu d'une longue réflexion qui débute en 1994. À cette période, Autodesk initie un consortium réunissant douze industriels américains autour de la question de l'interopérabilité des logiciels. En 1995, le groupe décide de s'ouvrir plus largement aux industriels de la construction et aux éditeurs de logiciels dédiés. Le groupe est alors baptisé IAI pour « *International Alliance for Interoperability* ». Dès les premiers temps, le groupe se fixe pour objectif d'établir un modèle de données de produit AIC neutre et couvrant les différents domaines liés au bâtiment (ex. architecture, gestion de projet, HVAC,

⁸² <http://www.cis2.org>

etc.). Progressivement, l'IAI établit le modèle IFC « destiné à supporter l'interopérabilité entre les applications individuelles et spécifiques à une discipline qui sont utilisées pour concevoir, construire et exploiter des bâtiments en capturant l'information relative à l'ensemble des aspects du bâtiment au cours de son cycle de vie. » (Khemlani 2004). Aujourd'hui, l'IAI compte 450 membres, 11 chapitres représentant 24 pays. Il s'agit réellement d'un véritable effort à l'échelle internationale (Eastman et al. 2008).

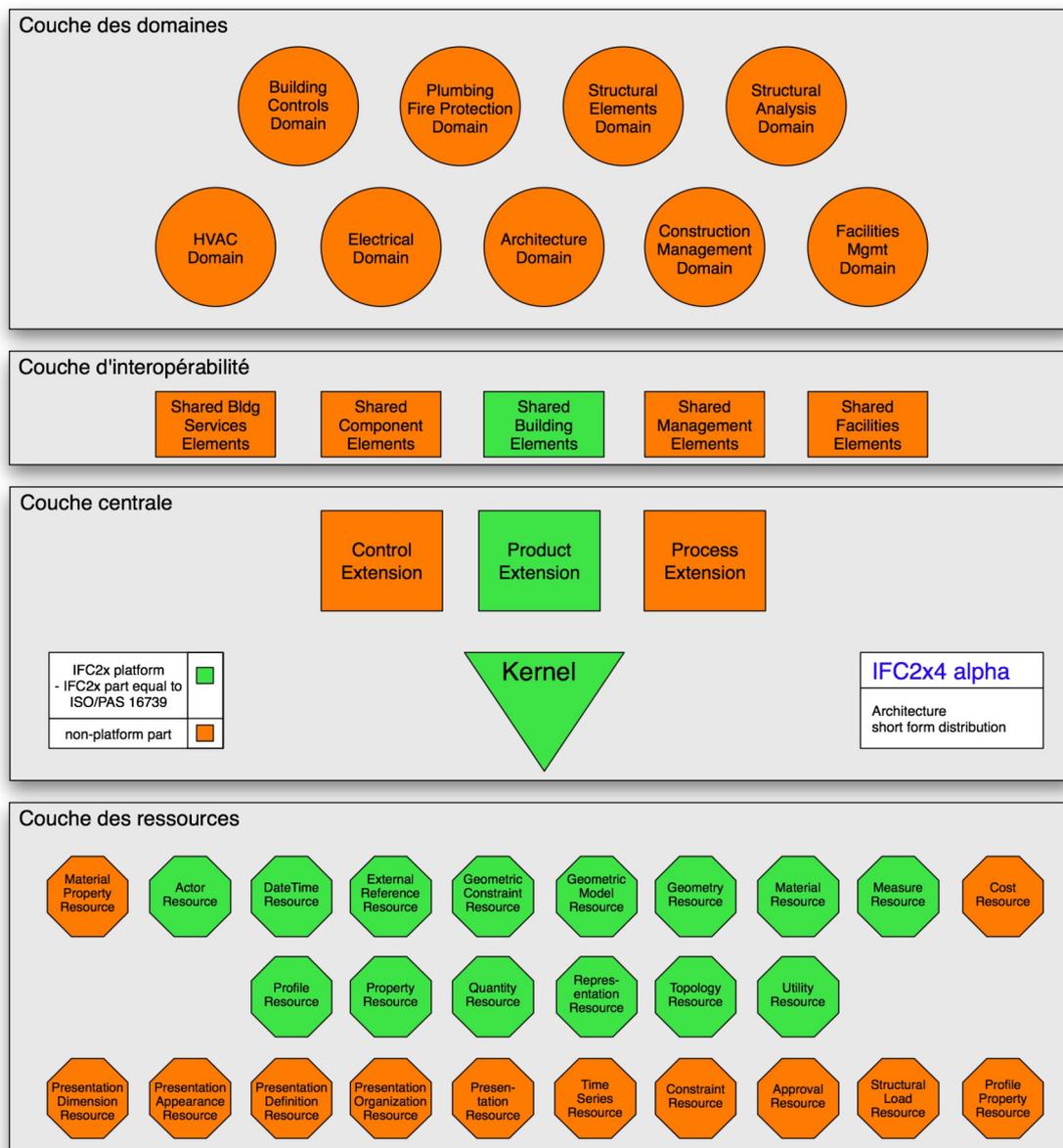


Figure 51. Les quatre couches de l'architecture des IFC⁸³

Les IFC reposent sur la norme STEP (STandard for Exchange of Product data). Cette norme mise en œuvre en 1984 a été établie en vue de décrire un produit tout au long de son cycle de vie indépendamment de tout système informatique. Les acteurs du secteur de la construction, à l'époque impliqués dans ce projet, ont rapidement mis en évidence la nécessité de développer un modèle spécifique pour représenter les données du bâtiment (Khemlani 2004). C'est

⁸³ La figure a été adaptée de <http://www.iai-tech.org/ifc/IFC2x4/alpha/html/index.htm>.

pourquoi l'IAI a adopté plusieurs des résultats de STEP tels que le langage Express pour la description de modèles de données, le format neutre pour l'échange de fichiers et les modèles génériques (ex. ceux qui traitent de la géométrie) (Source BuildingSmart⁸⁴).

L'architecture des IFC 2x4 est organisée selon quatre couches comme le décrit la Figure 51 (Eastman 1999; Rivard 2004) :

- La couche inférieure, la couche des ressources, fournit les ressources non spécifiques à un domaine particulier. Elles permettent de définir les propriétés des classes utilisées dans les couches supérieures. Il s'agit des concepts généralistes de ISO-STEP.
- La seconde couche est la couche centrale. Elle inclut le noyau et ses extensions *control*, *product* et *process* et fournit les concepts génériques abstraits qui sont exploités par les couches supérieures.
 - o Le noyau correspond à la partie la plus abstraite des IFC. Elle définit les éléments génériques qui sont propres à la modélisation orientée objet, tels que les concepts d'objet et de relation.
 - o L'Extension Produit (*Product extension*) fournit la majorité des classes nécessaires à la description physique du bâtiment. L'Extension Processus (*Process extension*) fournit les classes qui permettent de représenter le processus mené pour la conception et la construction du bâtiment. L'Extension Contrôle (*Control Extension*) décrit les classes relatives aux contraintes et aux approbations des objets du modèle IFC.
- La troisième couche est la couche d'interopérabilité. Elle décrit les objets partagés par plus d'une application. Ces objets spécialisent ceux de la couche centrale et les enrichissent afin de les rendre utilisables pour les applications.
- La quatrième couche est la couche des domaines. Elle identifie les objets qui supportent les données du modèle de produit bâtiment et qui sont nécessaires aux applications spécifiques des acteurs du domaine (architectes, ingénieurs, etc.).

Lors des échanges, et vu la structure hiérarchique ci-dessus, les objets sont inscrits dans un arbre profond de sous-entités. Considérons l'exemple issu de (Eastman 2008) à propos de l'entité mur. La spécification Express de l'entité « IfcWall » (voir Figure 52) nous indique que cette entité est un sous-type de « IfcBuildingElement ». Elle hérite par conséquent de toutes ses propriétés. Par ailleurs, elle est le super-type de « IfcWallStandardCase ». Aussi, le modèle exprime par :

- « *IfcWallStandardCase* », toutes les occurrences qui ont une épaisseur constante le long du parcours du mur, et où les paramètres d'épaisseur peuvent être complètement décrits par un ensemble de couches de matériaux.⁸⁵
- « *IfcWall* », toutes les autres occurrences du mur, et plus particulièrement les murs avec une épaisseur changeant le long du parcours du mur (ex. murs polygonaux), ou les murs qui possèdent une section transversale non rectangulaire (ex. mur de soutènement

⁸⁴ <http://212.157.43.158/BuildingSmart>

⁸⁵ Source : Traduction BuildingSmart.

en L) , et les murs ayant un axe d'extrusion qui est inégal à l'axe global Z du projet (ex. mur non-verticaux).⁸⁶

```
ENTITY IfcWall
  SUPERTYPE OF (IfcWallStandardCase)
  SUBTYPE OF (IfcBuildingElement);
  WHERE
    WR1 : SIZEOF (QUERY(temp < *
      SELF\IfcObjectDefinition.HasAssociations |
      'IFCPRODUCTEXTENSION.IFCRELASSOCIATESMATERIAL' IN
      TYPEOF(temp) )) <= 1;
  END_ENTITY;
```

Figure 52. Spécification Express de l'entité « IfcWall »

Pour appréhender l'ensemble des propriétés de cette entité, il faut remonter l'ensemble de l'arbre hiérarchique (voir Figure 53).

L'entité mur s'inscrit dans l'arbre de la manière suivante :

$IfcRoot \rightarrow IfcObject \rightarrow IfcProduct \rightarrow IfcElement \rightarrow IfcBuildingElement \rightarrow IfcWall$.

Chaque niveau de l'arbre attribue des propriétés à l'entité « mur ». *IfcRoot* affecte à chaque élément les informations d'identification (par ex. un *Global ID*). *IfcObject* correspond à la généralisation des éléments sémantiquement traités. Il s'agit de la superclasse de tous les objets abstraits et physiques (Rivard 2004). *IfcProduct* identifie la localisation du mur et sa représentation géométrique. *IfcElement* présente les relations de cet élément avec les autres comme par exemple, les relations de liaison avec d'autres murs ou encore les connexions avec les espaces qui sont séparés par ce mur. C'est également à ce niveau qu'apparaissent les informations liées aux ouvertures nécessaires aux portes ou aux fenêtres. *IfcBuilding element* comprend tous les éléments principaux qui font partie du bâtiment (par ex. son système de séparation structurel et spatial) (Source BuildingSmart). *IfcWall* représente un élément vertical de construction qui lie ou subdivise un espace (Source BuildingSmart). Tous ses attributs peuvent être identifiés en remontant la structure hiérarchique.

Cet exemple nous a permis de comprendre comment était intégrée l'entité « mur » au sein du modèle IFC. Cette approche est rigoureusement identique pour chacun des objets de construction existant dans le modèle IFC.

Le modèle IFC est par conséquent capable de décrire l'ensemble des objets du bâtiment exploités au cours des différentes phases du cycle de vie du bâtiment. Il présente un véritable intérêt pour l'échange d'information dans le secteur AIC. Il fait d'ailleurs l'objet de nombreuses évolutions, la dernière version du modèle (IFC 2x4 alpha version) datant de juin 2008. Nous considérerons quelques applications de ce modèle dans la seconde partie de ce chapitre. Nous préciserons également que depuis novembre 2005, l'organisation de normalisation ISO a

⁸⁶ Source : Traduction BuildingSmart.

attribué aux IFC la référence ISO/PAS 16739⁸⁷, l'objectif étant que les IFC deviennent concrètement une norme internationale (Source BuildingSmart).

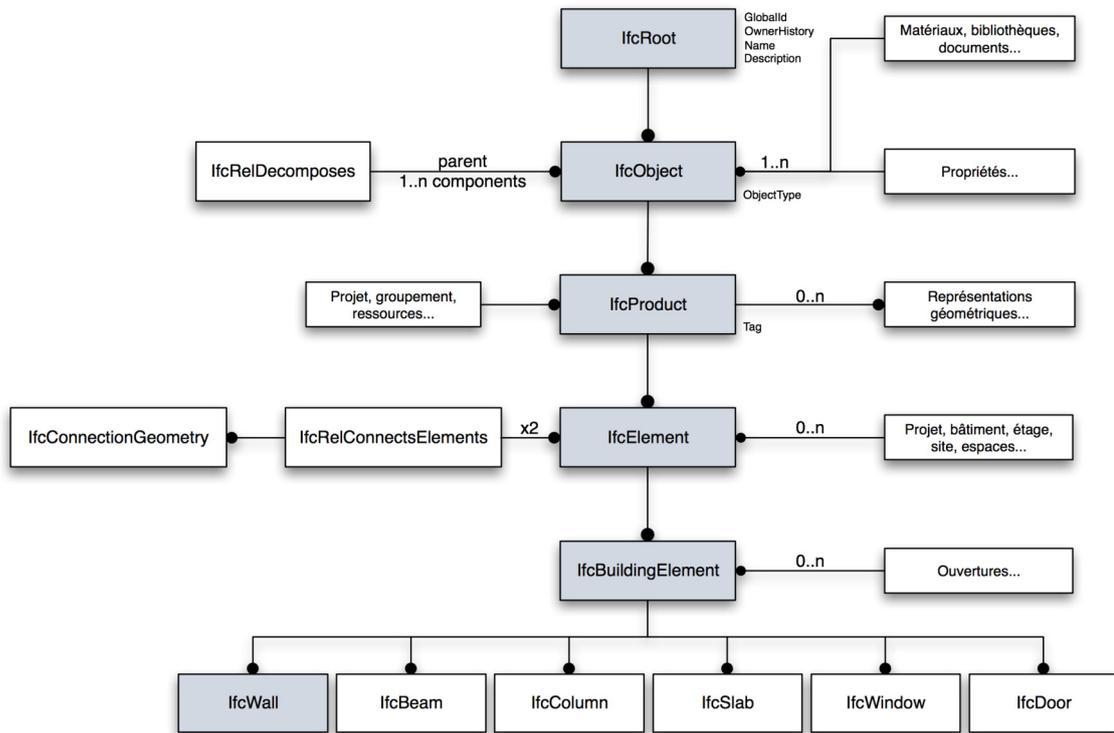


Figure 53. L'objet « mur » au sein du modèle IFC⁸⁸

3.1.2. Une approche de l'activité de conception et de construction : le modèle du contexte de coopération

Le modèle du contexte de coopération développé au CRAI est une seconde approche de la modélisation appliquée au secteur de la construction. Basé sur des entités que l'on retrouve régulièrement dans d'autres applications, le modèle se focalise sur la description de l'activité de coopération. Dans un premier temps, les travaux se sont concentrés sur son application lors de la phase de conception de bâtiment (Hanser 2003; Bouattour 2005). Par la suite, les études menées sur la phase de réalisation ont permis d'étendre le modèle et de se concentrer sur les aspects spécifiques à l'activité de chantier.

3.1.2.1. Le développement du contexte de coopération, synthèse des travaux antérieurs

En s'imprégnant des principes de l'IDM (*Ingénierie Dirigée par les Modèles*) et du MOF (*MetaObject Facility*), les travaux de modélisation de l'activité coopérative s'orientent vers une

⁸⁷ PAS signifie "spécification publiquement disponible", ce qui est réservé à des spécifications élaborées à l'extérieur de l'ISO et ayant fait l'objet d'un vote positif de la majorité des pays membres du comité, Source BuildingSmart.

⁸⁸ Illustration issue de Lebègue, E. (2005). "Les IFC et les applications concrètes de la maquette numérique de construction". Notes de cours, CSTB.

architecture multi-niveaux telle que le préconise l'OMG⁸⁹. Cette approche « par méta-modèle » offre les avantages suivants (Hanser 2003) :

- L'adoption d'une architecture multi-niveaux permet de garantir l'interopérabilité entre les divers outils exploités par les intervenants sur le projet de construction, car elle permet d'ouvrir la porte à la définition de passerelles avec d'autres modèles plus complets (ex. orientés processus, organisation, données du bâtiment, etc.).
- Cette structuration permet en outre de rendre plus lisible le modèle en différenciant les concepts génériques (Niveau M2), des concepts spécifiques au domaine du bâtiment (Niveau M1).
- Elle permet également de faciliter les extensions des modèles qui seraient nécessaires à certains utilisateurs.

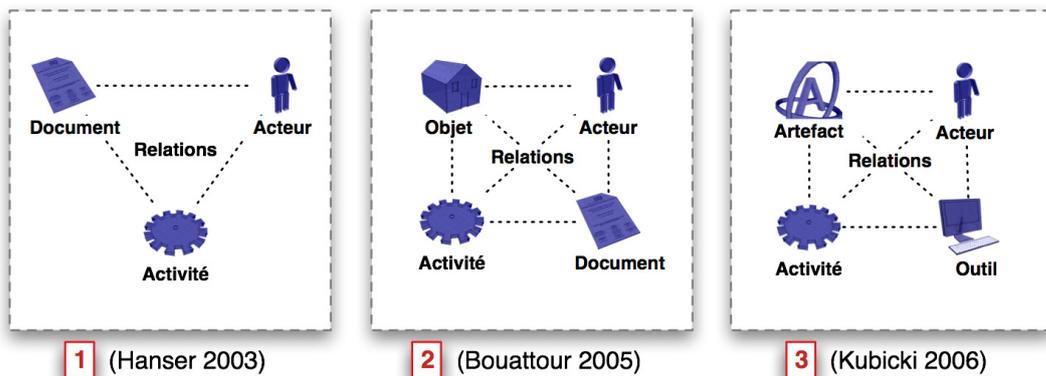


Figure 54. L'évolution du contexte de coopération (2003-2006)

Le méta-modèle originel (proposé par (Hanser 2003) et (Halin 2004a)) se base sur la théorie de l'activité afin de définir un méta-modèle le plus généraliste possible et détaché de tout domaine d'application. Il s'organise autour des trois entités principales suivantes : « *Document* », « *Acteur* », « *Activité* » et de leurs relations (voir Figure 55) :

- L'entité « *Document* » évoque les documents métier. Il s'agit des composants des livrables dont le contrat délimite les contours.
- L'entité « *Acteur* » fait référence à une personne (par ex. un architecte, un ingénieur, etc.) ou un groupe (par ex. agence d'architecture, bureau d'études, etc.) qui est doté d'une autonomie décisionnelle et qui trouve sa place au sein de l'organisation.
- L'entité « *Activité* » présente plusieurs niveaux de granularité (Projet, Phase, Tâche). Ces activités peuvent avoir des objectifs différents tels que la coordination, la production ou encore la synthèse.
- Les relations identifient la nature du lien existant entre deux entités du méta-modèle.
 - o La relation « *Acteur-Activité* » est centrale dans la coopération car elle correspond à la notion de rôle au sein de l'activité (ex. un acteur est responsable d'une activité). Le méta-modèle distingue deux types de rôle : le rôle

⁸⁹ OMG = Object Management Group. L'OMG est un consortium international d'industries informatiques à but non lucratif et à adhésion libre. L'OMG développe des standards d'intégration d'entreprise pour une large gamme de technologies. Le standard de modélisation développé par l'OMG permet de renforcer la conception visuelle, l'exécution et la maintenance des outils informatiques. Source : <http://www.omg.org>.

organisationnel, qui décrit le cadre contractuel d'une coopération, et le rôle opérationnel, qui décrit l'implication d'un acteur dans une activité en fonction de ses responsabilités et de ses compétences.

- La relation « Acteur-Document » correspond aux relations identifiées dans l'édition d'un document (ex. Produit, Consulte, etc.).
- La relation « Activité-Document » correspond à la production d'information (ex. Utilise, Génère, etc.).
- La relation « Activité-Activité » est liée à l'ordonnancement (ex. Suit, Dépend, etc.).
- La relation « Acteur-Acteur » est fonction de la configuration organisationnelle et se fonde sur une terminologie proche de la gestion des ressources humaines (ex. Dirige, Collabore, etc.).
- La relation « Document-Document » est proche de la gestion des versions (ex. Nouvelle version).

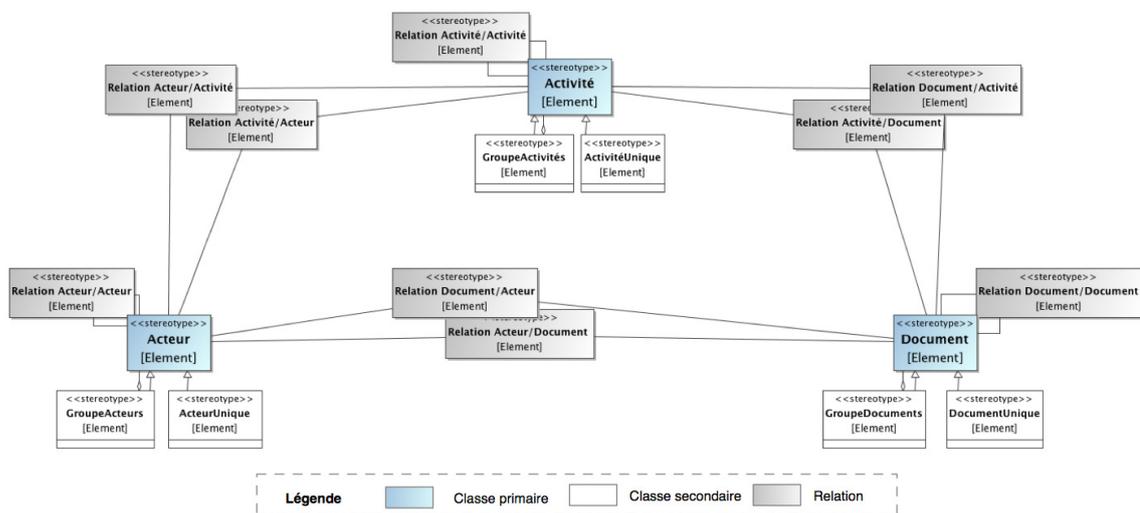


Figure 55. Le méta-modèle de coopération originel (2003)

Le second modèle propose une continuité des travaux décrits ci-dessus et suggère « *un méta-modèle de coopération permettant la prise en compte des relations existantes entre les éléments d'un projet, tout en s'intéressant plus particulièrement aux informations sémantiques véhiculées par les objets de la conception* » (Bouattour 2005), p. 149.

L'entité « *Objet* » évoquée s'inspire du modèle des IFC et plus particulièrement de la classe « *IfcObject* » qui inclut les « ouvrages » physiquement réels (par ex. un mur, une poutre, etc.) et les « artefacts » physiquement existants (par ex. un espace, une zone, un niveau). Comme nous l'avons vu, le modèle des IFC (voir section 3.1.1) est un modèle centré sur le produit. Or, l'approche menée sur le méta-modèle de coopération vise à représenter plus globalement le contexte de l'activité coopérative par les entités présentes et les relations qu'elles entretiennent (Halin 2004a). Aussi, l'intégration des deux points de vue mène à la proposition de M. Bouattour qui suggère l'extension du méta-modèle de coopération par l'intégration de l'entité « *Objet* » (voir Figure 56) :

- L'entité « *Objet* » représente tout ce qui est concevable dans un processus. Cette entité peut être instanciée en :
 - o Entité « *Espace* » qui représente une étendue plus ou moins délimitée. Elle supporte le caractère fonctionnel de l'ouvrage bâti. Elle est associée aux ouvrages construits qui délimitent les espaces (ex. quatre murs délimitent une pièce de vie).
 - o Entité « *Ouvrage* » résulte du travail d'un acteur et constitue toute brique de base du bâtiment.
- Les nouvelles relations qui s'inscrivent alors dans le méta-modèle de coopération sont les suivantes :
 - o La relation « *Objet-Objet* » est relative à la conception des objets, à leur agencement dans l'espace et à leur perfectionnement dans le temps.
 - o La relation « *Objet-Acteur* » fait état des interventions des acteurs sur les ouvrages. Cette relation permet de distinguer l'apport de chacun des intervenants.
 - o La relation « *Objet-Document* » caractérise les spécifications et les documents de référence qui contiennent une partie de la sémantique de l'ouvrage.
 - o La relation « *Objet-Activité* » détermine les tâches nécessaires à la conception de l'objet et caractérise plus globalement l'évolution de l'objet au cours du cycle de vie du bâtiment.

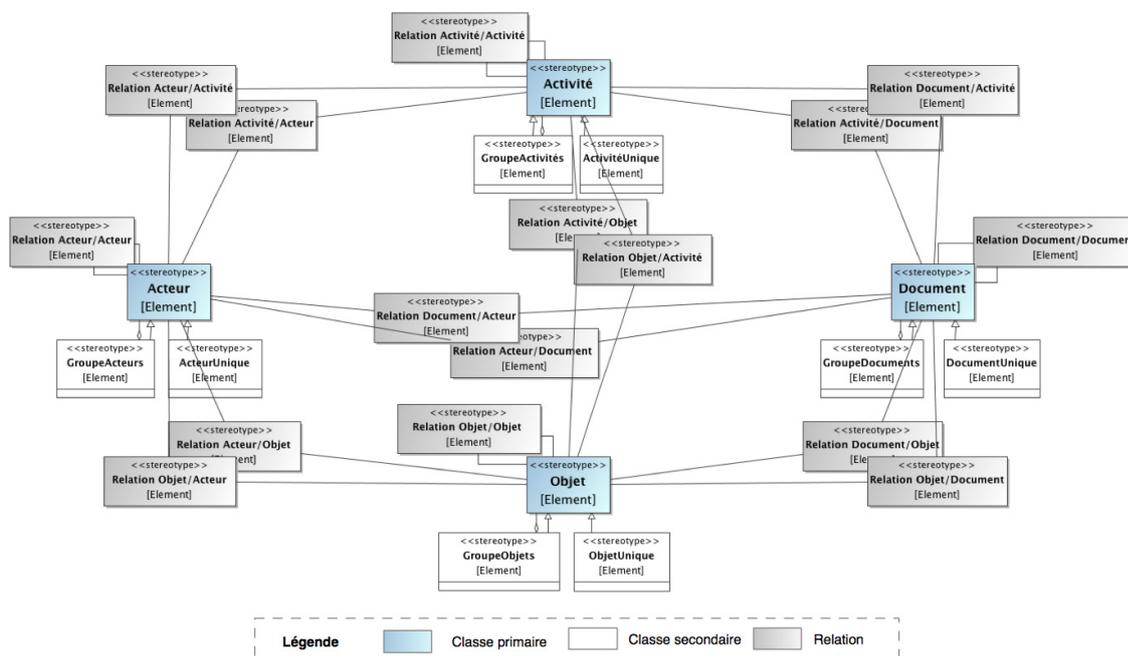


Figure 56. Le méta-modèle de coopération et l'intégration du concept d'ouvrage (2005)

Les derniers travaux réalisés sur ce méta-modèle ont été menés par S. Kubicki (Kubicki 2006a). L'approche se veut plus généraliste encore car jusqu'ici, les études présentées visaient exclusivement la représentation du contexte de coopération en phase de conception d'un bâtiment, désormais, il s'agit de traiter également de la phase de réalisation.

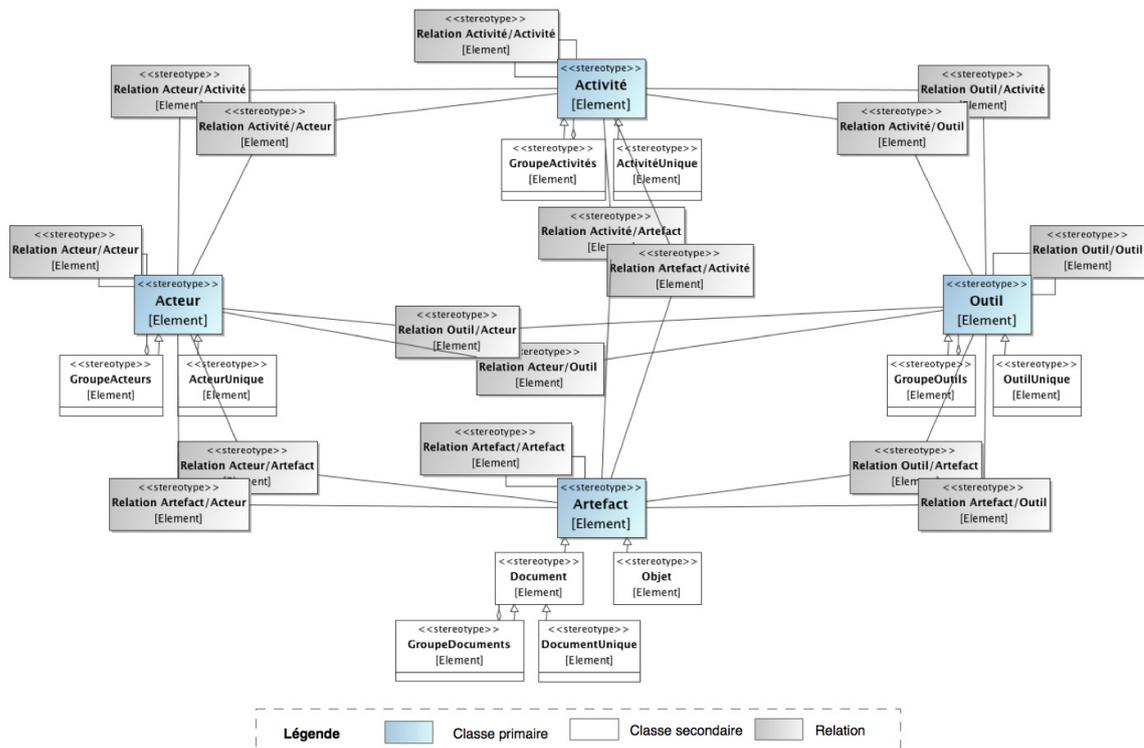


Figure 57. Le méta-modèle et l'introduction des concepts d'outil et d'artefact (2006)

C'est pourquoi quelques changements ont été apportés à la version préalablement présentée (voir Figure 57) :

- L'introduction du concept d'« artefact ». Au vu de la proximité des concepts de « Document » et d'« Objet », l'évolution consiste à les regrouper sous une catégorie supérieure dénommée « Artefact ». La théorie de l'activité décrit la notion d'artefact comme le médiateur entre le sujet qui réalise l'activité et l'objet de l'activité (au sens d'objectif) (voir section 2.3.5). Aussi, dans cette version du méta-modèle de coopération, ce concept permet d'exprimer les objets (conçus ou réalisés) et les documents (réalisés ou exploités).
- L'introduction du concept d'« Outil ». Ce concept se focalise sur l'outil logiciel dont la particularité est double : il médiatise la perception du contexte de l'activité collective par l'acteur. En outre, il permet à l'acteur d'agir sur l'objet de l'activité.
- Les nouvelles relations :
 - La relation « *Artefact-Acteur* » exprime l'intervention d'un acteur sur un artefact.
 - La relation « *Artefact-Activité* » détermine les tâches nécessaires à la réalisation de l'artefact.
 - La relation « *Artefact-Artefact* » est relative à la conception et la réalisation des artefacts. Elle détermine l'enchaînement des artefacts et leur évolution au cours du temps.
 - La relation « *Outil-Activité* » exprime l'usage d'un outil en vue de la réalisation d'une activité.
 - La relation « *Outil-Artefact* » exprime l'exploitation de l'outil pour mener une action sur les artefacts, ou encore pour percevoir leur état.

- La relation « *Outil-Acteur* » est relative à la personnalisation de l’outil par l’utilisateur et décrit également le type d’outil utilisé par des catégories d’acteurs données.
- La relation « *Outil-Outil* » évoque l’interopérabilité et l’intégration des outils. Il s’agit également du point de départ d’une réflexion que nous menons actuellement sur les services métier sur lesquels reposent les outils informatiques.

Nous exploiterons cette dernière version dans la suite de notre travail afin de supporter nos propositions. Nous retiendrons que ce méta-modèle a pour objectif de mettre en relation quatre entités essentielles : l’activité, l’acteur, l’artefact et l’outil. Nous ne visons pas l’exhaustivité de ce méta-modèle pour représenter l’ensemble de la connaissance du contexte de coopération. Toutefois, nous estimons qu’il peut garantir l’interopérabilité entre divers outils en jouant le rôle de pilier central capable d’assurer la mise en relation de différents modèles.

3.1.2.2. L’infrastructure de modèles

Le méta-modèle (M2) et le modèle conforme à ce méta-modèle (M1) permettent de décrire la connaissance liée à l’activité coopérative dans le cadre d’une opération de construction, les travaux présentés ci-dessus permettant de décrire, tant les activités de conception, que celles de réalisation de l’ouvrage bâti. Ces travaux ont également conduit à la définition d’une infrastructure globale garantissant l’intégration de modèles pour la construction de vues du contexte de coopération. Par vue, nous entendons les « vues métier » manipulées de manière quotidienne par les professionnels afin d’effectuer leur travail (ex. Vue planning). Aussi, chaque vue nécessite un modèle (Modèle des concepts de la vue) afin de représenter son contenu sémantique. Il s’agit du seul aspect sur lequel se focalise cette approche. Les dimensions techniques, les modèles de navigation, ou encore les modèles de tâches ne font pas partie du champ de réflexion. La Figure 58 illustre l’infrastructure pour l’exploitation des modèles. Chaque vue y est représentée par trois niveaux d’abstraction tout comme c’était le cas pour le méta-modèle de coopération. Le modèle de la vue représente les concepts manipulés par la vue et le méta-modèle de la vue fait référence à un langage de description. Si nous considérons l’exemple du planning. Le modèle de la vue représente des « tâches », des « dépendances », des « ressources ». Le méta-modèle de la vue peut être le langage de modélisation UML. La pyramide se construit autour du méta-modèle de coopération qui représente la connaissance « métier » du domaine de la construction. Autour, s’organisent les vues du contexte de coopération qui sont implémentées dans des outils. Chaque vue nécessite une transformation de modèles afin d’extraire les entités nécessaires à la composition de la vue du modèle du contexte de coopération. Au niveau le plus de bas de la pyramide, la vue nécessite une sélection de données à visualiser.

Le développement d’une telle infrastructure de modèles offre les perspectives suivantes : elle permet d’ajouter de nouvelles vues en fournissant le modèle des concepts de la vue et les transformations nécessaires. Elle permet également d’assurer la mise en relation des concepts composant les différentes vues.

Les propositions que nous formulerons dans la suite de ce travail reposeront sur cette infrastructure. Nous retiendrons que le modèle du contexte de coopération ainsi obtenu renferme la connaissance relative à l'activité de construction, et en cela, il contient l'ensemble de l'information relative à la confiance dans la bonne progression de l'activité collective.

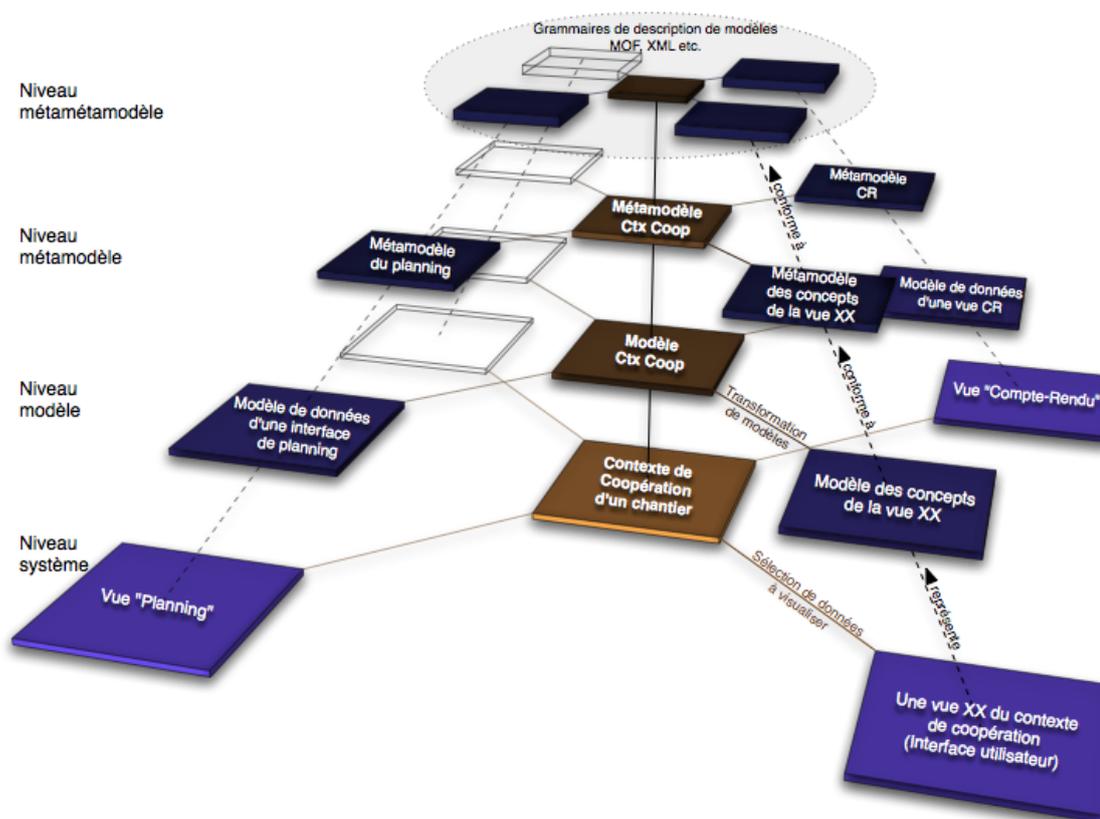


Figure 58. Une infrastructure pour l'exploitation des modèles⁹⁰

3.2. L'analyse des outils d'assistance à la coordination du chantier de construction

Nous suggérons maintenant de nous focaliser sur l'analyse des outils d'assistance à la coordination. Une première étude menée section 1.2.2 a permis de mettre en évidence des supports divers utilisés par les coordinateurs-pilotes afin d'assurer leur mission. Nous nous concentrerons ici exclusivement sur les outils logiciels.

Les outils manipulés par les intervenants, et en particulier le coordinateur-pilote (intervenant qui nous intéresse plus précisément dans le cadre de ce travail), permettent, d'un point de vue théorique, d'alimenter et de construire ce que nous avons appelé le « contexte de coopération ». C'est pourquoi ce point de vue « outil » nous semble essentiel. Nous commencerons, dans cette

⁹⁰ Illustration issue de Kubicki, S. (2006a). "Assister la coordination flexible de l'activité de construction de bâtiments, Une approche par les modèles pour la proposition d'outils de visualisation du contexte de coopération". PhD Thesis in Architecture Science. Université Henri Poincaré, Nancy-1, Département de Formation Doctorale en Informatique, Nancy, 298 pp.

section, par identifier les outils couramment utilisés pour la coordination en phase de chantier et ensuite, nous nous intéresserons aux outils plus émergents. Puis, nous chercherons à caractériser ces outils selon par une approche fonctionnelle, et enfin par une approche conceptuelle.

3.2.1. Les outils AIC usuels lors de la phase d'exécution

Nous avons vu que la mission de coordination et de pilotage de la phase de chantier se concentrait sur trois objectifs : la gestion de l'organisation et de la communication du projet, la gestion des délais, et la gestion des coûts (voir section 1.2.1).

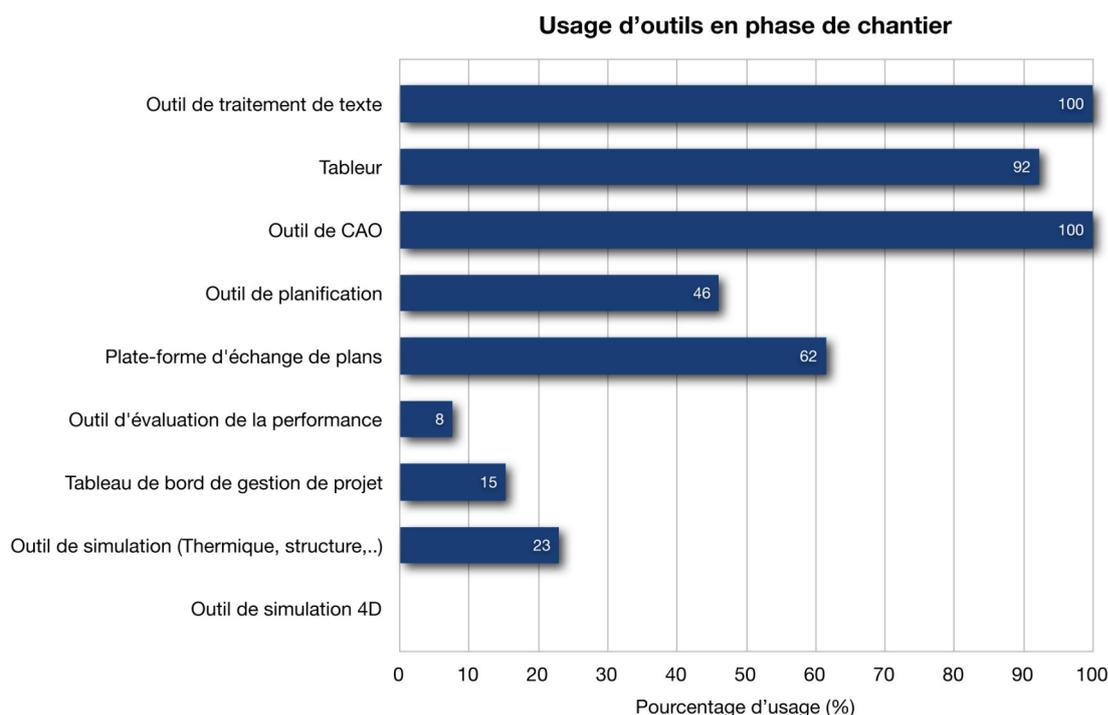


Figure 59. Outils utilisés en phase de chantier, résultat d'enquête

Une étude menée auprès de 14 professionnels⁹¹ du secteur en vue de recueillir de l'information sur l'activité de coordination du chantier nous a permis d'identifier les outils qu'ils utilisent afin d'assurer cette mission (voir Figure 59, Annexe 1 et Annexe 2).

L'enquête a révélé que les outils suivants étaient les plus couramment utilisés :

- Les *outils de CAO* qui, en phase chantier, assurent la production des plans d'exécution.
- Les *traitements de texte* qui permettent notamment d'assurer la rédaction des comptes-rendus de réunion.
- Les *tableurs* qui constituent un outil important pour assurer le suivi du budget et les divers décomptes.
- Les *outils de planification* qui permettent de définir le planning d'exécution et d'effectuer les ajustements nécessaires au cours de l'activité de chantier.

⁹¹ Le groupe interrogé était constitué de 9 architectes, 3 ingénieurs, 1 entreprise de construction, et 1 coordinateur-pilote. Entre outre, nous signalerons que les professionnels étaient principalement issus des secteurs belge et luxembourgeois de la construction.

- Les *plates-formes d'échange de plans* qui assurent la gestion des échanges de plans ainsi que le stockage des documents⁹².

3.2.2. Les outils AIC émergents pour la phase d'exécution

D'autres outils semblent plus rarement utilisés car ils sont sans doute plus innovants. Aussi, un peu de temps sera encore nécessaire avant qu'ils ne pénètrent réellement le secteur du bâtiment et que l'on puisse constater leur appropriation par les professionnels de la construction.

3.2.2.1. La plate-forme d'échange de documents avec « client interne »

Certains travaux tels que (Caldas et al. 2003; Forcada et al. 2007) se sont concentrés sur l'amélioration de la gestion interne des documents (sur le serveur de fichiers interne d'un organisme) dans le cadre d'une collaboration établie autour d'une gestion externe (sur une plate-forme partagée de gestion de documents). Les travaux de (Forcada 2007) ont mené au développement d'un prototype⁹³ destiné aux PME du secteur de la construction. Celui-ci qui permet d'établir une structure de dossier commune à tous les acteurs du projet travaillant avec la plate-forme Web de gestion de documents. D'autre part, le prototype facilite la consultation des documents en suggérant des filtres. Nous détaillerons, dans la suite de ce travail de thèse (section 4.3), une proposition de plate-forme avec client interne suggérant une réflexion globale sur la gestion documentaire dans le secteur de la construction.

3.2.2.2. L'évaluation de la performance

Nous avons déjà évoqué ces outils section 2.4.3 (voir par ex. (Ekstrom 2004; Arslan 2008)). Nous rappelons que ces outils sont destinés à recueillir la connaissance des expériences antérieures, et d'établir des évaluations structurées des professionnels du secteur de la construction afin de sélectionner dans les projets ultérieurs les acteurs les plus adaptés pour une tâche donnée.

3.2.2.3. L'édition de compte-rendu de réunion de chantier

Les études menées sur le compte-rendu de chantier ((Grezes et al. 1994) ou (Kubicki 2003)) mettent en évidence le rôle central de ce document dont l'objectif est d'établir la synthèse des informations qui ont été échangées lors de la réunion de chantier, ainsi que d'en assurer la diffusion aux acteurs concernés. Aussi, le développement d'un outillage numérique afin de structurer le contenu du document est apparu comme une perspective intéressante pour faciliter, tant l'édition, que la diffusion et la consultation du compte-rendu (voir par ex. logiciel HyperArchi). Nous détaillerons une proposition

⁹² Les plates-formes d'échange de plans figuraient parmi les outils utilisés par le plus grand nombre. L'enquête établit que 62% des personnes interrogées ont déclaré utiliser les plates-formes d'échange de plans en phase chantier.

⁹³ Voir <http://www.constructiondms.upc.es>.

d'un outil de cette catégorie dans la section 4.2 établi suivant des spécifications directement issues des professionnels.

3.2.2.4. Le tableau de bord

Le tableau de bord constitue un outil particulièrement fréquent dans le monde de la gestion et des finances. Aujourd'hui, cet outil sort de ces sphères jusqu'ici exclusives pour s'étendre à d'autres domaines d'applications (ex. Google Analytics, tableau de bord pour l'analyse de site Web⁹⁴). En outre, il devient « *un instrument de mesure de la performance nécessaire pour la prise de décision pour tous les acteurs de l'entreprise* » (Fernandez 2005), p. 4.

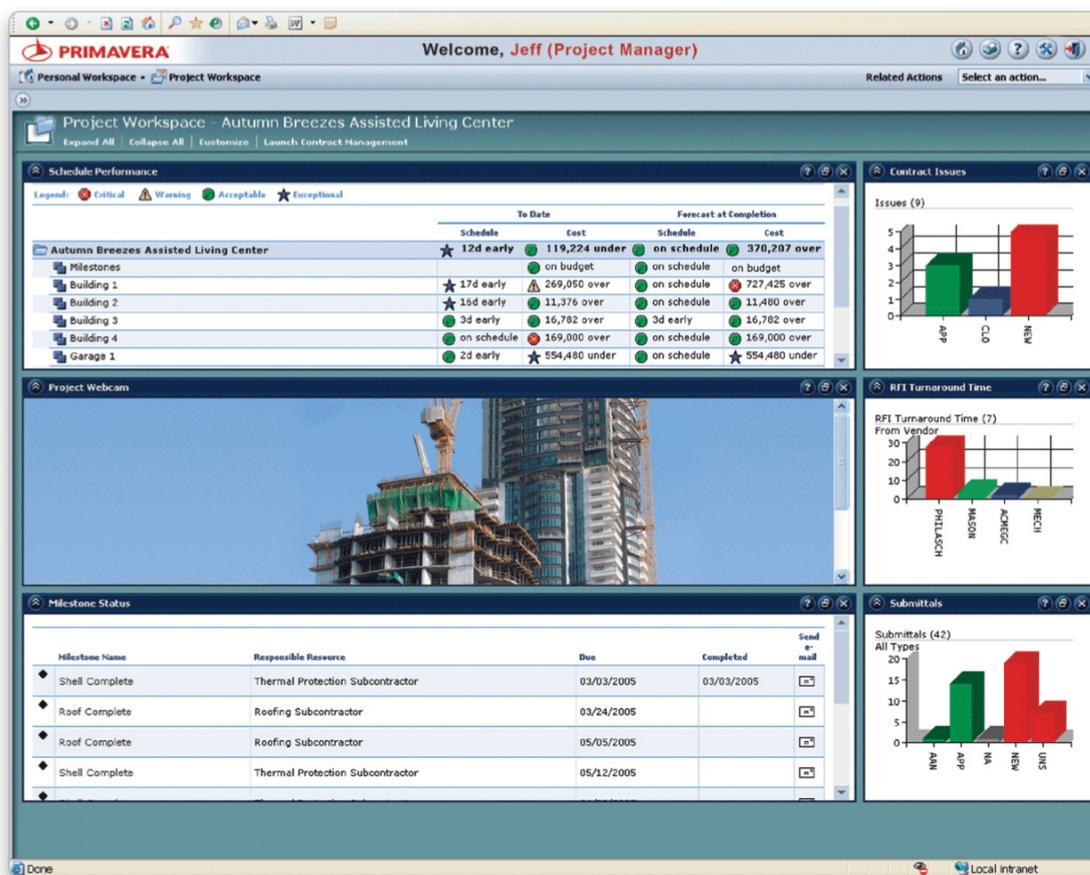


Figure 60. Tableau de bord du coordinateur-pilote par Primavera⁹⁵

Le tableau de bord cible maintenant le secteur de la construction avec des solutions telles que celles proposées par Primavera Systems, Inc. L'application suggère des vues paramétrables par l'utilisateur et adaptées à son rôle au sein du projet (ex. client, entreprise de construction, coordinateur-pilote). La Figure 60 illustre la vue adaptée au coordinateur-pilote du chantier. Elle intègre les aspects suivants :

⁹⁴ <http://www.google.com/analytics/>

⁹⁵ Illustration issue de http://www.primavera.com/newsroom/constructionmanagement_072805.asp.

- Une vue synthétique des coûts et des délais pour une identification rapide des dépassements éventuels,
- Une vue du chantier via Webcam qui « contextualise » les données et permet à des utilisateurs « non-experts » d'en apprécier l'avancement,
- La liste des jalons et leurs échéances, avec la possibilité d'envoyer des emails aux responsables,
- Les informations liées aux ressources (problèmes, délai de réponse à une requête, sous-traitance).

Le tableau de bord fournit une synthèse des données introduites dans leur système intégré de gestion de projet (données relatives au planning, au coût, etc.). La consultation des divers indicateurs permet au coordinateur d'identifier facilement la source des problèmes et de réagir rapidement en vue de limiter leur impact sur l'ensemble du projet.

3.2.2.5. La maquette numérique

Les évolutions menées dans le domaine du DAO (Dessin Assisté par Ordinateur) et de la CAO (Conception Assistée par Ordinateur) ont peu à peu conduit à la maquette numérique au sens de « *Modèle d'Information du Bâtiment* »⁹⁶. Pour qualifier cette technologie, nous nous en remettons à la définition proposée par C. Eastman qui établit que la maquette numérique est « *une technologie de modélisation et un ensemble de processus associés pour produire, communiquer, et analyser les modèles de bâtiment* » (Eastman 2008), p. 13.

En outre, il précise qu'elle se caractérise par :

- « *Des **composants du bâtiment** qui sont représentés avec des représentations (objets) digitales intelligentes qui « savent » ce qu'elles sont, et qui peuvent être associées avec des attributs de donnée et graphiques calculables, et avec des règles paramétriques.* »
- « *Des **composants qui incluent des données qui décrivent comment ils se comportent**, comme c'est nécessaire pour les analyses et les processus de travail (par ex. simulation, spécification, et analyse énergétique).* »
- « *Des **données consistantes et non redondantes** telles que des changements effectués sur les données d'un composant du bâtiment sont intégrées dans toutes les vues représentant le composant.* »
- « *Des **données coordonnées** telles que toutes les vues d'un modèle sont représentées d'une manière coordonnée.* » (Eastman 2008), p. 13.

⁹⁶ Nous utiliserons l'expression « Modèle d'Information du Bâtiment » pour qualifier l'expression anglo-saxonne BIM signifiant « Building Information Model ».

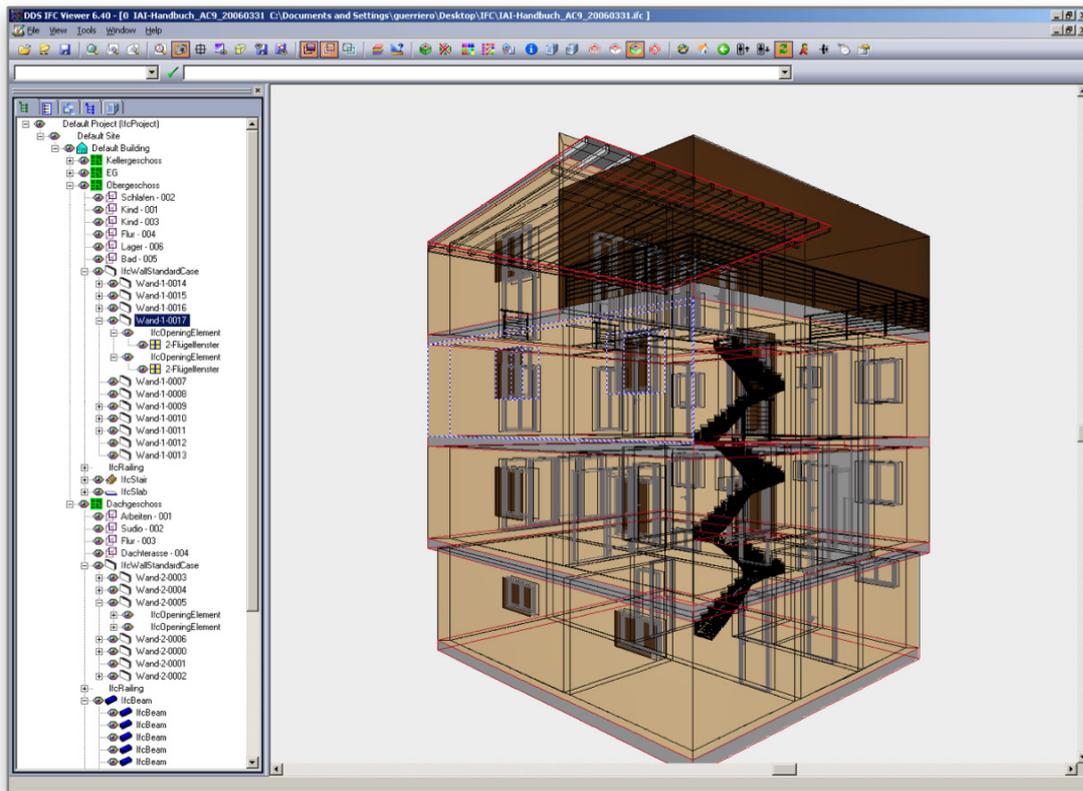


Figure 61. Visualisation d'une maquette numérique avec DDS IFC Viewer

En parallèle de cette définition et pour éviter toute équivoque, il précise ce que n'est pas la maquette numérique (Eastman 2008), pp. 15-16 :

- Des modèles qui contiennent uniquement des données 3D et qui n'identifient aucun attribut objet,
- Des modèles qui ne supportent l'aspect comportemental et qui ne sont pas dotés d'intelligence paramétrique,
- Des modèles qui sont composés de multiples fichiers de référence CAO 2D qui nécessitent d'être combinés afin de définir le bâtiment,
- Des modèles dont les changements relatifs au dimensionnement des éléments au sein d'une vue ne sont pas automatiquement répercutés dans les autres vues.

Bien que de nombreux formats propriétaires existent, la maquette numérique (voir Figure 61) constitue un support à la coopération par le fait qu'elle utilise le format IFC (voir section 3.1.1). Aussi, elle contribue à favoriser l'échange entre les divers intervenants sur le projet. Plus concrètement, chacun d'entre eux a la possibilité de récupérer le Modèle de Données du Bâtiment établi, et de l'enrichir progressivement en y introduisant les aspects dont il a la charge. Par exemple, en situation de conception, l'ingénieur peut récupérer le modèle établi par l'architecte en vue de dimensionner les structures ou encore de réaliser des simulations. Nous signalons, bien que cela puisse paraître évident, que les logiciels utilisés doivent être compatibles IFC.

Outre la facilité d'échange, la maquette numérique permet de limiter les risques d'erreur de conception dont les impacts peuvent être problématiques sur le chantier. Les logiciels de CAO qui la supportent offrent des interfaces de multi-visualisation qui permettent la mise en relation des différentes vues du bâtiment, et de détecter les erreurs qui pourraient subsister dans le modèle. Enfin, une modification sur un objet de la maquette établie dans une des vues est répercutée sur toutes les autres et génère la mise à jour des objets liés. Cela garantit la cohérence de l'ensemble et permet aux concepteurs de fournir des mises à jour des documents plus rapidement, et particulièrement en phase en chantier.

3.2.2.6. La simulation 4D et xD

La simulation 4D constitue une application directe de la maquette numérique. Initialement amorcée par les travaux de l'Université de Stanford (Collier et al. 1995; Aalami et al. 1998), la technologie 4D consiste aujourd'hui en un véritable champ de recherche. Elle vise la mise en relation des informations du planning et du modèle 3D du bâtiment (voir Figure 62).

« La technologie 4D permet d'associer l'information temporelle au traditionnel modèle 3D et par conséquent, fournit aux planificateurs une vue de la progression de la construction ou du planning dans un environnement 4D. Les outils de visualisation 4D peuvent faire la démonstration de l'ensemble de la progression de la construction de manière graphique et peuvent mettre en évidence les potentiels conflits sur le chantier. Les planificateurs peuvent aussi pratiquer une analyse par scénarios pour évaluer et comparer les différentes options de planning en vue de choisir la meilleure stratégie » (Chau et al. 2005), p. 513.

Plus concrètement, nous pouvons distinguer deux catégories d'outils permettant de créer ces modèles 4D (Eastman 2008) :

- Les outils de modélisation 3D qui permettent d'inclure des informations temporelles (Ex. Revit). Les utilisateurs peuvent associer les objets de la maquette à des phases particulières. Ils peuvent dès lors filtrer la maquette numérique afin de n'afficher que les éléments qui sont associés à une phase de construction particulière. Toutefois, ce type d'outil ne fournit pas de réelle connexion avec le planning d'exécution du chantier qui reste indépendant.
- Les outils qui fournissent une interface graphique permettant de créer des liens entre les composants d'un modèle 3D (ou MDB) après import des informations dans le système, et ensuite de visualiser le déroulement de l'activité de construction (Ex. xDBuilder).

Contrairement aux outils de planification traditionnels, ces outils offrent une meilleure visibilité du processus de construction. Ils permettent de limiter les erreurs d'interprétation et de faciliter la communication, notamment avec la maîtrise d'ouvrage. En outre, la simulation du processus de construction permet d'assurer une meilleure préparation du chantier. Elle permet de mettre en évidence les incohérences ou les problèmes potentiels qui

seraient susceptibles d'apparaître en phase de chantier, et de s'assurer de l'intérêt des solutions suggérées.

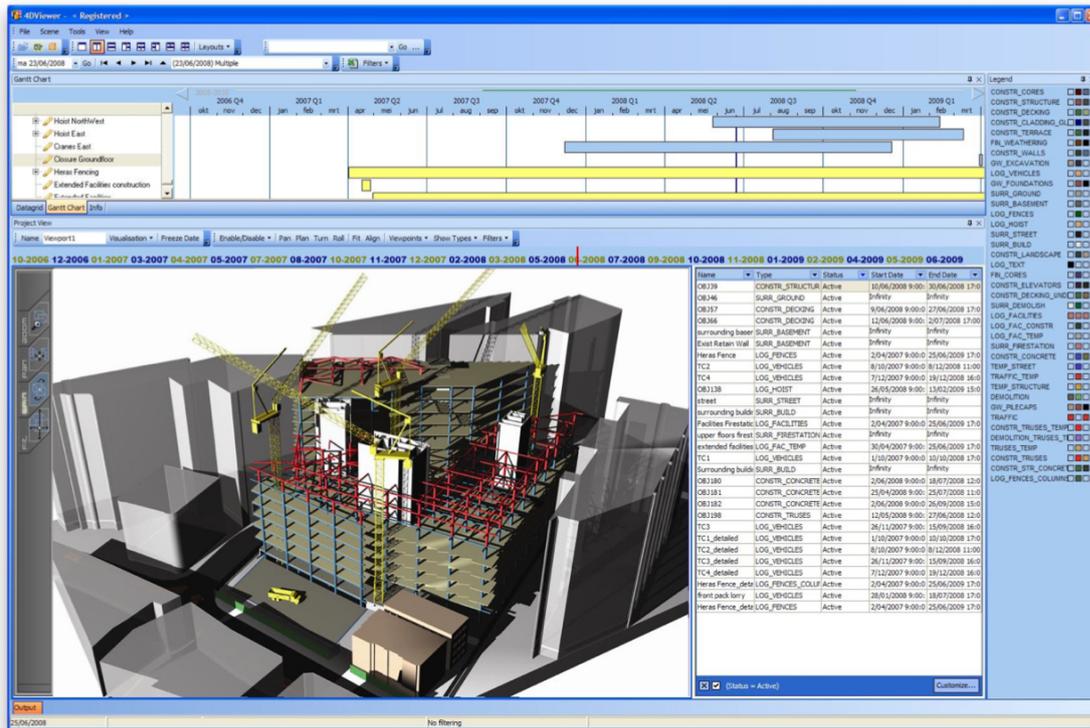


Figure 62. Visualisation 4D⁹⁷

Parmi les nouvelles perspectives de ces outils, nous mentionnerons les outils appelés de « xD ». Ils élargissent le champ des dimensions du processus de construction du bâtiment en intégrant les aspects relatifs au coût et au budget (ex. xDBuilder, (Nys 2008)). Nous citerons également les travaux de (Rebolj et al. 2008) qui appliquent la visualisation 4D au contrôle de l'activité de chantier. Ils suggèrent la mise en place d'un système basé sur la reconnaissance d'image permettant de réaliser une comparaison en temps réel entre les images du chantier et les images extraites du modèle 4D au même moment.

Enfin, nous soulignerons que la principale limite de ces outils relève de la « lourdeur » de la mise en place du modèle 4D ou xD, notamment pour créer les relations entre objets et tâches, ainsi que de la difficulté de définir la bonne granularité, tant des tâches du planning, que des objets modélisés au sein de la maquette numérique.

3.2.2.7. Le Workflow

Afin d'éviter l'amalgame entre la notion de procédure et de Workflow, nous commencerons par définir ces deux concepts. La WfMC (Workflow Management Coalition)⁹⁸ établit les définitions suivantes :

⁹⁷ Illustration DStudio, <http://www.dstudio.be/>.

⁹⁸ <http://www.wfmc.org>

- « Une procédure est un ensemble coordonné d'actions ou d'opérations qui sont reliées, en série ou en parallèle, dans le but d'atteindre un objectif commun. » (glossaire WfMC)⁹⁹.
- « Le Workflow est un outil informatique dédié à la gestion des procédures. Cet outil définit, gère et exécute des procédures en exécutant des programmes dont l'ordre d'exécution est prédéfini dans une représentation informatique de la logique de ces procédures. » (glossaire WfMC).

La Figure 63 illustre l'exemple d'une procédure de Workflow établie dans un bureau d'études pour la production des plans de stabilité.

Aussi, nous insisterons sur le fait que le propre du Workflow est d'assurer l'automatisation des procédures durant lesquelles les documents ou les tâches sont progressivement affectées d'une personne à une autre en fonction des « conditions de transition » qui ont été préétablies (Hollingsworth 1995).

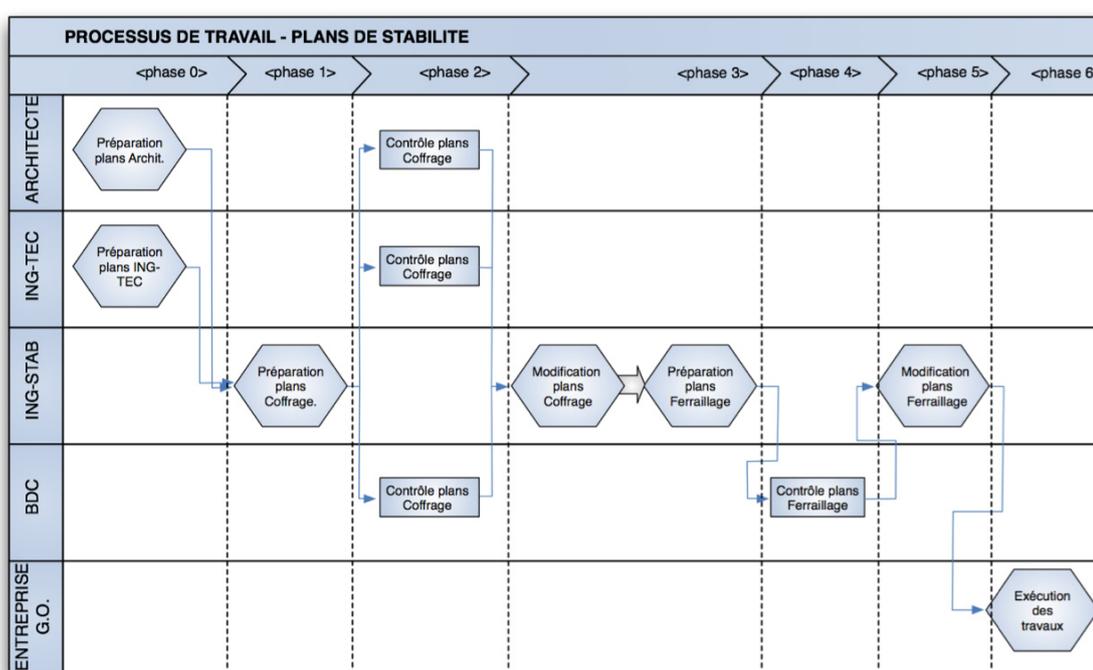


Figure 63. Exemple de procédure Workflow établi dans un bureau d'étude¹⁰⁰

La Figure 64 précise le méta-modèle sur lequel repose la définition des Workflows. Ce méta-modèle identifie les types d'objets nécessaires à la définition de procédures simples :

- L'« activité » consiste en une étape d'une procédure.
- Le « rôle » est affecté à un acteur selon ses attributions.
- L'« application invoquée » est une application informatique externe nécessaire à l'accomplissement de la tâche.

⁹⁹ http://www.wfmc.org/standards/docs/Glossary_French.PDF

¹⁰⁰ Exemple issu de Dell, J. and Jizaoui, M. (2008). "Gestion d'un projet de construction". Notes de cours de Management de bureau et gestion de projets, Ordre des Architectes et des Ingénieurs-Conseils de Luxembourg.

- Les « données pertinentes pour les procédures » « *sont les données utilisées par le système de gestion de Workflow pour déterminer les conditions de transition et le contrôle des itinéraires des cas d'exécution* » (glossaire WfMC).
- Les « conditions de transition » déterminent les règles de passage d'une activité à une autre de la procédure.

Les applications se distinguent principalement en quatre catégories (Plesums 2002) :

- Les « *workflows administratifs* » viennent en soutien aux entreprises afin d'alléger les tâches administratives. Il s'agit principalement de « routage » de formulaires.
- Les « *workflows de production* » couvrent la gestion des procédures de base de l'entreprise. Les procédures y sont stables et répétitives, et supportant peu les modifications au cours du temps.
- Les « *workflows ad hoc* » sont destinés à la gestion des procédures peu ou pas structurées et mouvantes.
- Les « *workflows collaboratifs* » sont consacrés à la gestion des procédures évolutives et réservés à un groupe limité au sein de l'entreprise.

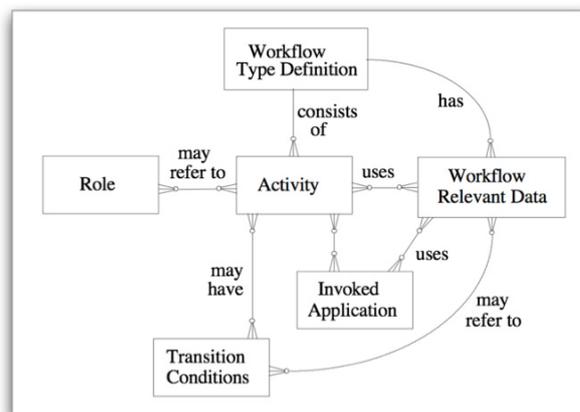


Figure 64. Méta-modèle de Workflow¹⁰¹

Cette approche de modélisation des processus fait l'objet d'abondants travaux dans le secteur AIC (Tahon 1997; Cerovsek et al. 2005; Alda et al. 2006). Nous estimons que la difficulté d'exploiter une telle technologie réside dans le fait de définir des procédures a priori pour une opération de construction dont il résultera un objet de nature prototypique.

3.2.2.8. Le visualiseur de contexte

Les travaux menés par Damien Hanser (Hanser 2003) reposent sur le modèle du contexte de coopération décrit section 3.1.2. Ils suggèrent une représentation du contexte d'un projet sous la forme d'un graphe adaptatif et ont abouti au développement d'un prototype dénommé « Bat'Map » (voir Figure 65). Cette application représente le contexte d'un projet de construction sous la forme de nœuds, et de liens : les nœuds expriment les acteurs, activités et

¹⁰¹ Illustration issue de Hollingsworth, D. (1995). "Workflow Management Coalition, The Workflow Reference Model". WfMC (Workflow Management Coalition), Hampshire, UK.

documents apparaissant au cours d'une activité de projet, les liens, quant à eux, expriment les relations entre les divers éléments. La seconde version du prototype (Bouattour 2005) introduit la notion d'objet dans le contexte du projet. La navigation dans le contexte est facilitée par une série de filtres sur les familles d'entités, sur les relations, sur les rôles et sur l'état des éléments.

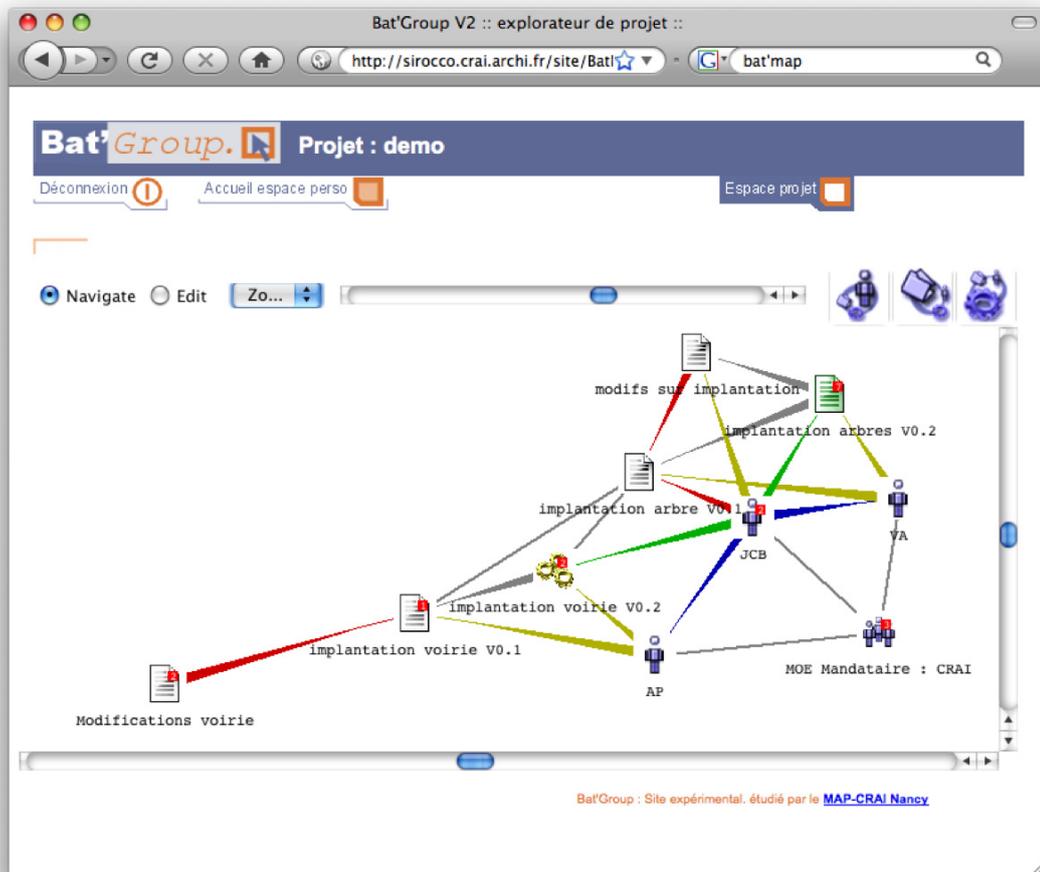


Figure 65. Représentation du contexte de coopération dans Bat'Map¹⁰²

Si la visualisation interactive permet de favoriser la compréhension du contexte de coopération, il nous faut toutefois souligner que les relations entretenues par les objets peuvent rapidement devenir complexes à manipuler, et ce, d'autant plus que la taille du projet sera grande (Hanser 2003). Il s'agit là d'une limite à ces propositions.

Au terme de cette analyse, nous retiendrons que l'ensemble des outils exposés dans cette section supportent l'activité de coordination et de pilotage du chantier. Aussi, nous estimons que les données qu'ils génèrent nous permettent de construire progressivement le contexte de l'activité de chantier, et dès lors de fournir la connaissance nécessaire afin d'établir la confiance dans le bon déroulement du chantier.

¹⁰² Illustration issue de la démonstration accessible en ligne : <http://sirocco.crai.archi.fr/site/BatMap/Accueil.htm>.

3.2.3. La caractérisation des outils

Nous allons maintenant nous intéresser à la caractérisation des outils en vue de préciser leur apport en matière de coordination et de perception du contexte de coopération. Nous définirons dans un premier temps, une caractérisation fonctionnelle, et dans un second temps, une caractérisation conceptuelle.

3.2.3.1. Les domaines fonctionnels

En s'inspirant des travaux effectués dans un premier temps par (Ellis et al. 1994) et dans un second temps par Salber (Salber et al. 1995), Bertrand David suggère quatre domaines fonctionnels pour qualifier les outils d'assistance à la coopération (David 2001), pp. 180-181 (voir Figure 66) :

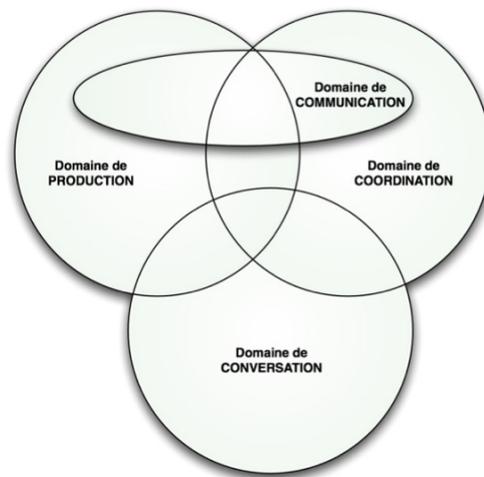


Figure 66. Trèfle fonctionnel selon B. David¹⁰³

- Le **domaine de production** « propose les objets qui correspondent à une activité pendant laquelle les participants, individuellement ou en groupe, réalisent des travaux ».
- Le **domaine de coordination** « exprime les relations entre les utilisateurs et leurs activités. La coordination assure l'efficacité, dans la réalisation de la tâche, du groupe ».
- Le **domaine de communication** « n'a pas d'existence propre, il ne prend naissance que pour supporter les activités de production et de coordination. [...] L'espace de communication permet aux participants d'émettre ou de recevoir des données persistantes ».
- Le **domaine de conversation** « permet aux participants de dialoguer sans échanger de données persistantes ».

¹⁰³ Illustration d'après David, B. (2001). "IHM pour les collecticiels". In Réseaux et systèmes répartis, Ed. Hermès, Paris, Guyennet, Hervé, 169-206.

Ces quatre domaines décrits ci-dessus déterminent le trèfle fonctionnel (voir Figure 66) et caractérisent le support des « *différentes facettes d'un travail de groupe et permettent aux utilisateurs de se coordonner, d'échanger, de dialoguer, ou de coproduire dans un espace partagé.* » (Hanser 2003), p. 95.

3.2.3.2. La caractérisation fonctionnelle des outils

Aussi, nous suggérons de qualifier les outils analysés dans la section précédente en fonction de l'espace fonctionnel qu'ils servent. Pour cela, nous proposons d'étendre l'analyse fournie dans (Laaroussi 2007) sur les outils destinés au pilotage de la conception et d'intégrer d'une part, la dimension de l'activité de chantier, et d'autre part, la qualification de la coordination selon notre étude théorique menée section 1.4.1.2. La Figure 67 établit la répartition fonctionnelle des outils exploités lors d'une opération de construction. Nous nous attarderons naturellement sur l'espace de coordination.

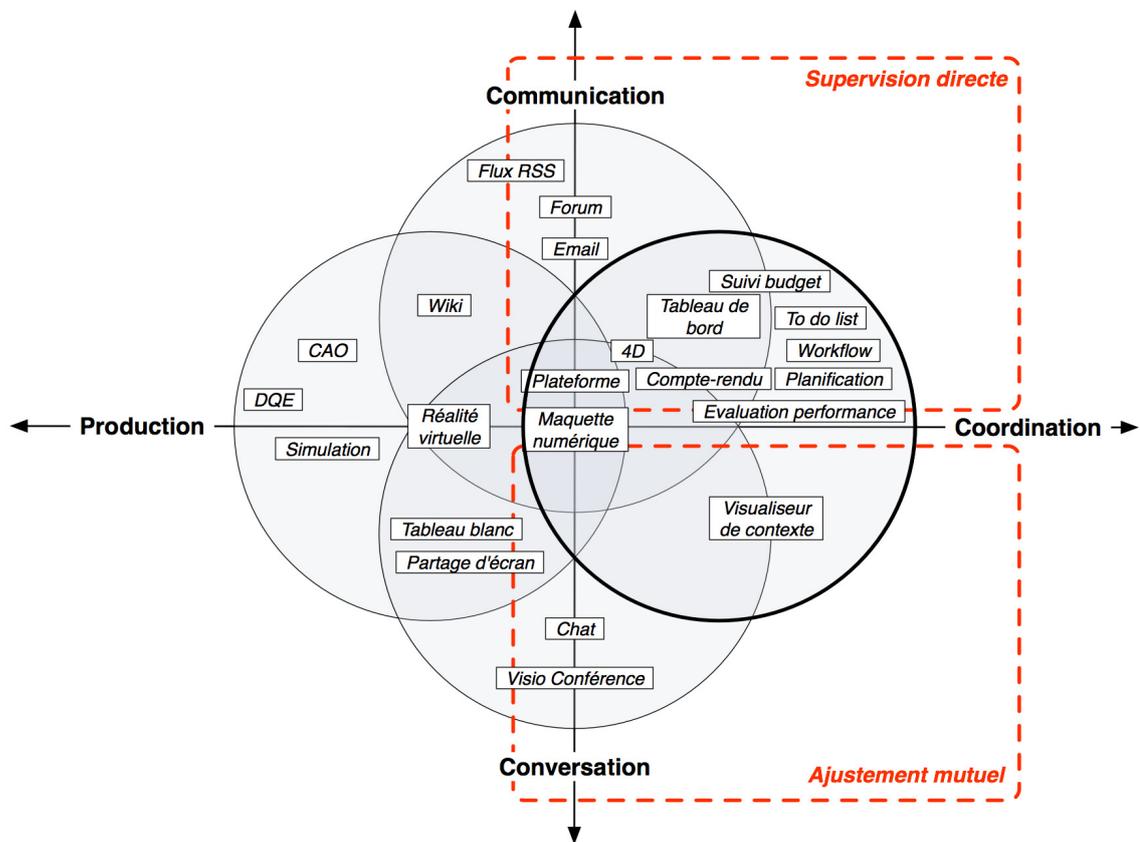


Figure 67. Répartition fonctionnelle des outils

Nous distinguons au sein de cet espace, les outils qui servent la coordination de type « *Supervision directe* », de ceux qui servent la coordination de type « *Ajustement mutuel* ». En effet, l'ajustement mutuel relève d'une communication que nous avons qualifiée d'informelle (voir section 1.4.1.2). C'est pourquoi nous considérons que les outils de cet espace sont plus proches de la sphère de conversation (conversation liée à la coordination). Nous y retrouverons les visualiseurs de contexte. En revanche, nous avons qualifié la supervision directe de plus formelle, car elle est liée à la transmission des ordres et des instructions aux intervenants (voir

section 1.4.1.2). Selon nous, cette forme de coordination est plus proche de la sphère de communication (communication persistante liée à la coordination). Nous y retrouverons des outils tels que les plates-formes, les outils de planification, de tableau de bord, etc. Cet espace est naturellement prédominant pour accueillir les outils exploités en phase chantier par le coordinateur-pilote. Nous insisterons toutefois sur le fait que ces outils offrent des points de vue disparates sur l'opération de construction. Ils ne parviennent pas, en l'état actuel des pratiques professionnelles, à fournir une synthèse des points de vue.

3.2.3.3. La caractérisation conceptuelle des outils

Nous suggérons d'approfondir la caractérisation des outils identifiés en nous focalisant sur le point de vue qu'ils adoptent sur l'activité collective. Aussi, la seconde caractérisation que nous proposons repose sur l'analyse des concepts manipulés par les différents outils. Nous estimons que les divers concepts propres au contexte de coopération (Document, Acteur, Activité, Objet) apparaissent de manière prédominante au sein de ces outils.

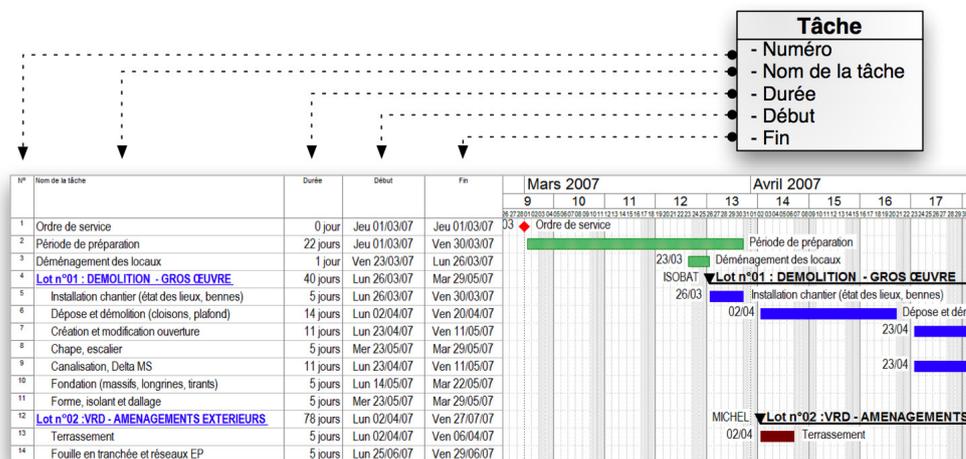


Figure 68. La vue planning et le concept de "Tâche"

Considérons par exemple l'outil de planification et la vue qu'il propose (voir Figure 68). Une telle vue renvoie au concept dominant de « tâche » et à l'ensemble de ses propriétés (numéro, nom de la tâche, etc.). Elle fournit à l'utilisateur un point de vue sur l'activité collective centré exclusivement sur la tâche de construction et son avancement.

Le Tableau 14 généralise ce type d'analyse à l'ensemble des outils du coordinateur-pilote. Il identifie pour chaque outil précédemment analysé le concept qui apparaît « dominant ».

Nous voyons au travers de cette analyse que les outils manipulés par le coordinateur-pilote supportent un point de vue particulier sur l'activité collective. Nous constatons le plus souvent que ces outils se concentrent sur une unique dimension de l'activité (un seul concept dominant). Seuls les visualiseurs de contexte permettent une perception globale de l'ensemble des dimensions. Par ailleurs, les outils de visualisation 4D mettent en exergue l'intérêt d'associer différentes vues au sein d'une même interface afin d'améliorer la perception du contexte de l'activité par l'utilisateur. Enfin, nous soulignons le potentiel des outils tels que le tableau de

bord pour la perception et la synthèse des points de vue. Ils permettent en effet d'intégrer des indicateurs propres aux diverses dimensions de l'activité.

Tableau 14. Synthèse sur les concepts dominants manipulés par les outils orientés coordination

Type d'outil	Rôle de l'outil	Concept(s) dominant(s)
Plate-forme	Assiste l'échange des plans et des documents du projet.	Document
Compte-rendu	Assiste la rédaction, la consultation et la réaction sur les comptes-rendus de réunion ; formalise l'état du chantier à un moment donné.	Activité
Maquette numérique	Modélise les ouvrages de construction.	Objet
Planification	Assiste la planification des tâches de construction.	Activité
To do list	Liste les tâches à mener.	Activité
Workflow	Assure la gestion des flux de tâches.	Activité
Évaluation de la performance	Identifie la performance d'un acteur.	Acteur
Visualiseur de contexte	Représente le contexte d'un projet à un moment donné.	Acteur, Activité, Document, Objet
Visualisation 4D	Assure la mise en relation des informations du planning avec la maquette numérique et simule l'évolution de la construction.	Activité, Objet
Suivi du budget	Assure le suivi financier de l'opération.	Objet, Activité
Tableau de bord	Exprime de manière synthétique des indicateurs relatifs aux coûts, aux délais et aux ressources.	Objet, Activité, Acteur

3.3. Synthèse

Dans ce troisième chapitre, nous nous sommes intéressés aux modèles et aux outils pour l'assistance à la mission de coordination sur les chantiers de construction. Nous avons présenté des modèles spécifiques pour le développement d'applications AIC et plus spécifiquement, le modèle IFC centré sur l'objet, et le modèle du contexte de coopération plus large et destiné à exprimer la connaissance liée à une opération de construction dans son ensemble. Ensuite, nous avons abordé les outils, tant actuels, qu'émergents, qui supportent l'activité du pilote de chantier. Ces derniers ont été caractérisés du point de vue de leurs aspects fonctionnels et conceptuels.

Nous retiendrons que le modèle IFC opte pour une approche centrée sur le produit-bâtiment et présente dès lors certaines limites pour représenter l'ensemble de la connaissance liée à une opération de construction. Le modèle du contexte de coopération proposé dans les travaux antérieurs de notre laboratoire constitue une approche plus globale et surtout fédératrice, car elle permet la connexion éventuelle avec des modèles plus complets (processus, organisation, etc.). Nous considérons que les outils présentés précédemment permettent de décrire isolément des parties du contexte de coopération. La principale barrière actuelle réside dans l'interopérabilité des systèmes. Afin de surmonter cette barrière, notre proposition s'intégrera dans l'infrastructure de modèles décrite section 3.1.2.2 (voir Figure 58, p. 131). Les données du contexte de coopération seront stockées au sein d'un système d'information interopérable autour duquel nous suggérons de mettre en oeuvre une architecture de services de manière à assurer la cohérence entre les applications (voir Figure 69).

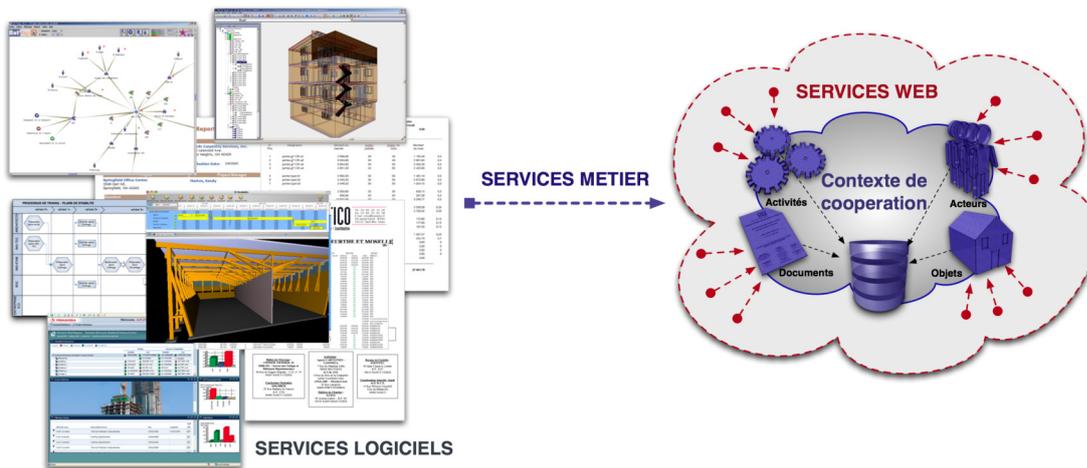


Figure 69. Approche des services autour du contexte de coopération

Notre proposition intégrera différents niveaux de services parmi lesquels nous distinguons :

- Les « *services logiciels* » en tant qu'application fournie à l'utilisateur final en vue d'assister son activité professionnelle. Plus particulièrement dans le cadre de ce travail de thèse, nous considérerons les applications s'inscrivant dans une Architecture Orientée Services (SOA - Service Oriented Architecture) accessibles par le biais d'Internet (notamment sous la forme de client léger, comme par exemple le service de messagerie gmail.com). Les services logiciels mettent en œuvre divers services métier.
- Les « *services métier* » qui désignent les composants (ou les fonctionnalités) résultant d'une implémentation d'une partie de la logique métier. Il s'agit d'une approche métier de la notion de service qui suggère l'instrumentation d'une pratique. Dans une approche de sciences des services, nous retiendrons qu'un service métier est « *un composant ouvert et « auto-décrit » qui permet la réalisation rapide et économique d'applications distribuées* » (Papazoglou et al. 2003).
- Les « *services Web* » qui relèvent de la technologie employée. « *Un Web Service consiste en un type de service particulier qui est identifié par un URI (Uniform Resource Identifier) et pour lequel la description du service et le transport utilisent des standards ouverts d'Internet.* » (Papazoglou 2003).

L'ensemble de ce dispositif nous permet de constituer un système d'information incorporant la connaissance liée au domaine et plus particulièrement à l'activité de chantier qui nous intéresse dans le cadre de ce travail. Nous suggérons maintenant de voir comment cette infrastructure a été mise en oeuvre dans le cadre du développement de services logiciels d'assistance à la coordination.

CHAPITRE 4. La proposition de deux services logiciels pour la coordination de l'activité de construction

Dans ce quatrième chapitre, nous poursuivons notre étude destinée à acquérir la connaissance du domaine. Nous avons défini précédemment un dispositif centré autour d'un système d'information interopérable incorporant les données du contexte de coopération et autour duquel nous constituons des services (services logiciels, services métier et services Web) (voir section 3.3). Ce dispositif nous permet de fournir les premiers éléments de réponse à la première étape du processus défini pour l'instrumentation de la confiance (voir Figure 70).



Figure 70. Étape 1 : Obtenir la connaissance du domaine

Nous suggérons maintenant de poursuivre en étudiant deux prototypes d'assistance à la coordination qui reposent sur cette infrastructure, et qui auront pour intérêt d'alimenter le contexte de coopération : le premier service logiciel est destiné à la gestion des comptes-rendus de chantier, et le second à l'échange des documents. Ils ont tous deux été réalisés dans le cadre du projet de recherche luxembourgeois Build-IT.

Pour chacun d'eux, nous étudierons les pratiques professionnelles de coopération qui ont été mises en évidence et sur lesquelles reposent les services métier constitutifs. Ensuite, nous décrirons le modèle des concepts représentés dans le service logiciel. Enfin, nous présenterons les résultats des expérimentations en situation réelle de chantier.

4.1. Le contexte de l'étude : le projet de recherche Build-IT

Le projet de recherche Build-IT est mené conjointement par deux institutions luxembourgeoises que sont le Centre de Recherche Public Henri Tudor et le Centre de Ressources des Technologies et de l'Innovation pour le Bâtiment (CRTI-B). Ce projet vise à guider le secteur luxembourgeois de la construction vers l'utilisation d'outils numériques d'assistance à la coopération. Ce projet débute en 2004 pour une période de cinq ans. Dès les premiers temps, il puise son inspiration dans le monde professionnel et dans des groupes de travail menés avec des intervenants appartenant aux différentes sphères du secteur (architectes, ingénieurs, entreprises de construction, acteur de la maîtrise d'ouvrage publique, etc.). L'étape initiale consiste à établir un plan d'action stratégique pour la durée du projet. Résultat de divers brainstorming avec les professionnels, il est finalement construit autour des trois axes suivants :

- L'*axe 1* se concentre sur l'outillage du compte-rendu dont le rôle apparaît central afin d'assurer la coordination du chantier.
- L'*axe 2* vise l'outillage de l'échange de documents durant le projet. Deux dimensions apparaissent centrales dans ce volet, l'une relève de l'organisation et des pratiques internes, et l'autre, des outils actuels et de leurs limites. Toutes deux permettent d'appréhender les freins à l'utilisation des solutions existantes.
- L'*axe 3* se focalise sur la maquette numérique et sur des activités de sensibilisation des professionnels sur cette technologie encore rarement exploitée par le secteur de la construction, bien que la maîtrise d'ouvrage publique y entrevoie des perspectives intéressantes pour la gestion de son patrimoine.

Nous allons maintenant traiter de deux prototypes implémentés dans le cadre de ce projet, correspondant respectivement aux axes 1 et 2, et dont l'objectif était de démontrer l'apport des outils informatiques pour le secteur de la construction et ses professionnels (Kubicki 2007).

Nous précisons ici que notre intervention s'est principalement concentrée sur le développement du service logiciel de compte-rendu pour lequel nous avons été en charge de l'analyse des pratiques métier et du suivi du développement. En ce qui concerne le service logiciel de gestion des documents, notre intervention a été plus ponctuelle et s'est limitée à une participation à l'analyse des pratiques métier.

4.2. CRTI-weB, le service logiciel « Compte-rendu »

4.2.1. L'identification des pratiques métier associées au compte-rendu de chantier

Ce premier prototype a été développé en vue de supporter les pratiques métier associées au compte-rendu (Guerrero et al. 2006; Kubicki et al. 2006a; Kubicki et al. 2007). L'idée sous-jacente est de centraliser et de partager l'ensemble des données liées au compte-rendu. Ce

développement s'inscrit dans une démarche d'« open innovation » où des enquêtes et interviews mettent en évidence les besoins des utilisateurs finaux et où les spécifications font l'objet de validations régulières de leur part lors de groupes de travail.

Aussi, notre étude débute par une phase d'analyse d'une centaine de comptes-rendus de chantiers établis par une vingtaine d'acteurs différents. L'objectif de cette phase est d'identifier les éléments constitutifs du document. Cette analyse nous permet d'identifier les diverses rubriques composantes suivantes :

- Les « **références** » renseignent les informations relatives à l'identification du compte-rendu de réunion. Il s'agit par exemple du numéro du rapport, de l'indication de la date et du lieu de la réunion, du nom de l'auteur, etc.
- La « **liste de présence et de diffusion** » qui identifie les personnes présentes à la réunion et celles à qui est diffusé le document.
- Les « **généralités** » mentionnent les informations générales comme les conditions météorologiques et le nombre de jours d'intempérie interrompant l'activité sur le chantier. Elles font également état des ressources présentes sur le site.
- Les « **notes** » concernent l'ensemble des intervenants. Il s'agit par exemple de formules telles que « *Toute clause du compte-rendu n'ayant pas fait l'objet d'une contestation écrite sous 15 jours deviendra contractuelle* ».
- La « **liste des remarques** » constitue la section essentielle du document. Elle regroupe l'ensemble des points particuliers qui ont été soulignés lors de la visite de chantier. Ces remarques peuvent faire l'objet de rappels au fil des semaines, ou encore être illustrées par des croquis ou des photos de chantier.
- L'« **avancement** » décrit l'état de la progression de l'activité de chantier et précise les potentiels jours de retard (ou d'avance) sur les différentes tâches de construction.
- L'« **agenda** » est établi en fin de document et détermine la date et l'heure de la prochaine réunion.

Par ailleurs, nous avons mené une phase d'interviews auprès de professionnels du secteur chargés de la rédaction des rapports de chantier, ou simples lecteurs du document afin d'identifier clairement l'ensemble des pratiques métier sous-jacentes.

Aussi, nous avons pu mettre en évidence trois pratiques essentielles :

- La **rédaction** du compte-rendu de chantier,
- La **consultation** du document par tous les acteurs concernés,
- Les **réactions** sur les points particuliers établis dans le document.

4.2.2. Les services métier associés au compte-rendu de chantier

Les trois pratiques métier identifiées ci-dessus ont fait apparaître trois services métier au sein du prototype que nous proposons (voir Figure 71).

Le service métier « **rédaction** » couvre les fonctionnalités nécessaires à la rédaction du compte-rendu de chantier. L'ensemble de ses fonctionnalités est exclusivement dédié au rôle de

rédacteur. Ce dernier dispose des fonctionnalités de création de réunion, création de compte-rendu, d'ajout d'acteur ou d'organisme, et de la gestion des droits des acteurs. La rédaction proprement dite du rapport est guidée et structurée par les rubriques constitutives du document identifiées ci-dessus, elle consiste à compléter divers formulaires préformatés. Par ailleurs, l'automatisation des numérotations des remarques, des réunions (à intervalle régulier) ou encore de la diffusion du rapport, facilite grandement la tâche du rédacteur. Enfin, ce service métier permet la génération d'un document « draft » qui peut être utilisé en vue d'assurer l'animation de la réunion. Il propose un formatage du dernier compte-rendu particulièrement aéré de manière à faciliter la prise de note. Par ailleurs, ce document fait apparaître toutes les remarques à traiter, ainsi que les diverses réactions émises par les lecteurs.

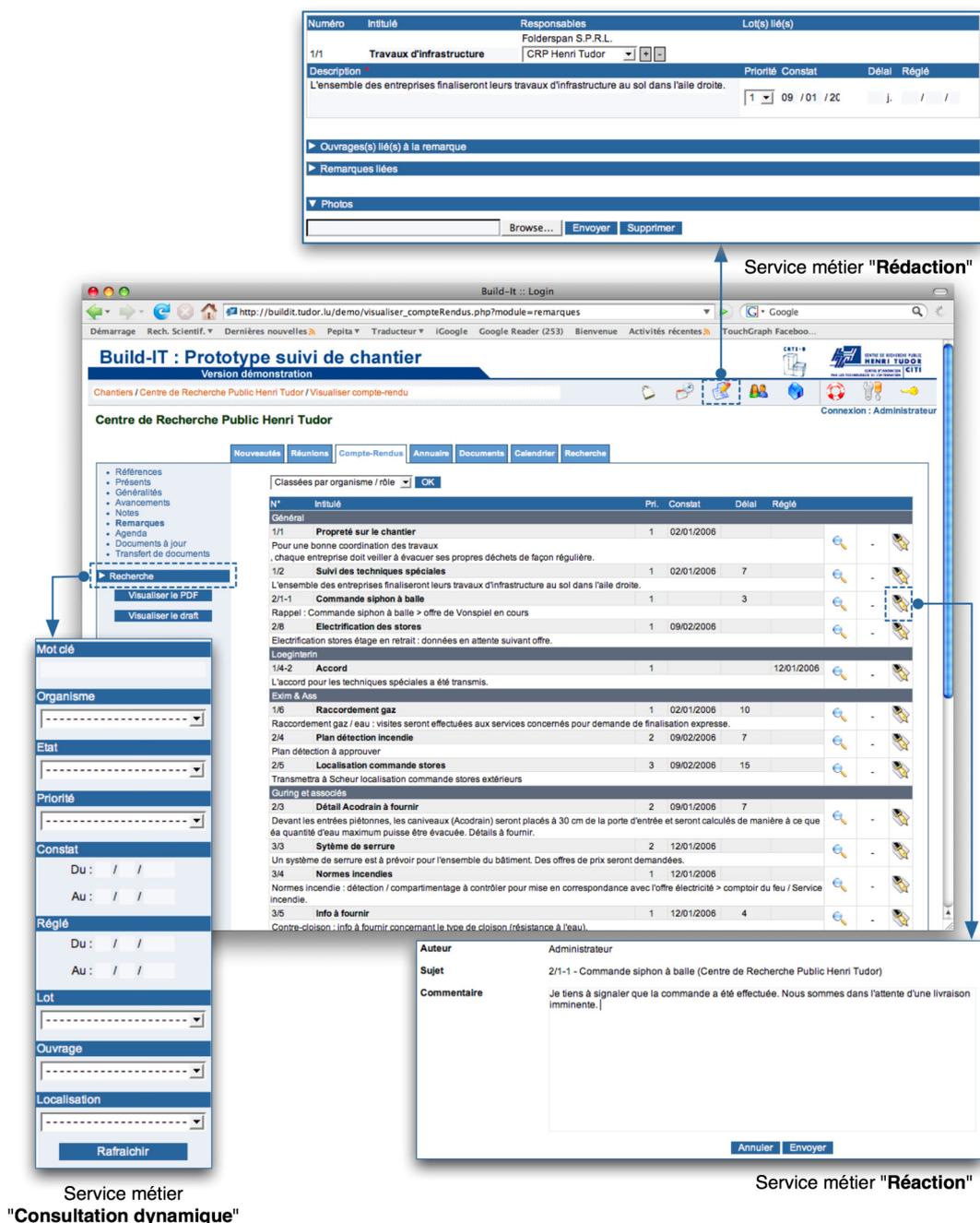


Figure 71. Description des services métier du service logiciel CRTI-weB « Compte-Rendu »

Le service métier « *consultation dynamique* » est essentiellement destiné aux acteurs à qui le rapport de chantier est diffusé. Ce service métier facilite la lecture du document en proposant des filtres à combiner selon l'usage et l'acteur (ex. filtre sur le responsable d'une remarque, sur les ouvrages, sur mot-clé,...). Le module de recherche est organisé en trois niveaux limitant progressivement le champ de la recherche :

- 1) Dans le niveau « *inter-projet* », la recherche est établie sur l'ensemble des projets dans lesquels intervient l'utilisateur,
- 2) Dans le niveau « *intra-projet* », la recherche est établie au sein d'un seul et unique projet,
- 3) Dans le niveau « *compte-rendu* », la recherche est établie au sein du document en cours de consultation.

Dès lors, la consultation du document, qui nécessitait jusqu'ici la lecture de l'ensemble du contenu, peut être largement optimisée en suggérant la lecture des éléments qui ont un réel intérêt pour le lecteur (par ex. sélection de toutes les remarques pour lesquelles il est responsable, et éventuellement dont le niveau de priorité est élevé).

Le service métier de « *réaction* » permet aux personnes qui consultent le rapport de chantier de réagir à des points particuliers qui nécessiteraient quelques modifications ou tout au moins quelques précisions. Il s'agit par cette fonctionnalité de centraliser les échanges qui ont lieu autour du compte-rendu, échanges qui habituellement font l'objet de multiples supports, comme par exemple, le téléphone, l'email ou encore le fax. En outre, ces réactions sont introduites dans le document destiné au rédacteur que nous avons qualifié de « *draft* », et qui peut être utilisé pour l'animation des réunions de chantier.

L'ensemble des services métier est accessible via un service logiciel Web. Les développements de ce prototype ont été réalisés sur base d'une architecture client/serveur reposant sur les technologies PHP/MySQL, permettant de décrire le contexte de coopération et de stocker les données au sein d'une base de données. Par ailleurs, les développements s'inscrivent dans une Architecture Orientée Services (SOA). Cette approche est particulièrement favorisée par l'analyse qui a été décrite ci-dessus et qui associe à chaque pratique métier un service métier particulier. Chacun des services Web est décrit dans le protocole REST (Fielding 2000). Les avantages principaux d'une telle approche sont les suivants :

- Simplicité liée à la décomposition et à l'assignation de fonctionnalités,
- Modifications facilitées, entre autres par la réutilisation des composants,
- Meilleure visibilité des interactions,
- Maintenance plus aisée.

4.2.3. Le modèle des concepts représentés dans le service logiciel « *Compte-rendu* »

Les spécifications liées au prototype CRTI-weB « *Service logiciel Compte-Rendu* » ont été effectuées dans le cadre d'une collaboration étroite avec les informaticiens développeurs de l'application (Dehand 2005; Piquet 2005). Notre approche a consisté à fournir la connaissance

métier liée à la définition des services métier et des vues associées, tandis que l'implémentation proprement dite revenait aux développeurs.

L'analyse menée sur base des comptes-rendus issus de professionnels et des interviews nous a permis d'identifier les concepts structurant ce type de document. Par ailleurs, notre approche de modélisation des vues spécifiques à notre proposition s'est intégrée dans l'infrastructure pour l'exploitation de méta-modèles et de modèles décrite section 3.1.2.2. Nous rappelons que cette approche nous permet d'établir le modèle de la vue en relation avec le modèle du contexte de coopération. Cette approche facilite l'intégration de nouvelles vues et permet également d'assurer la mise en relation des concepts constitutifs des vues.

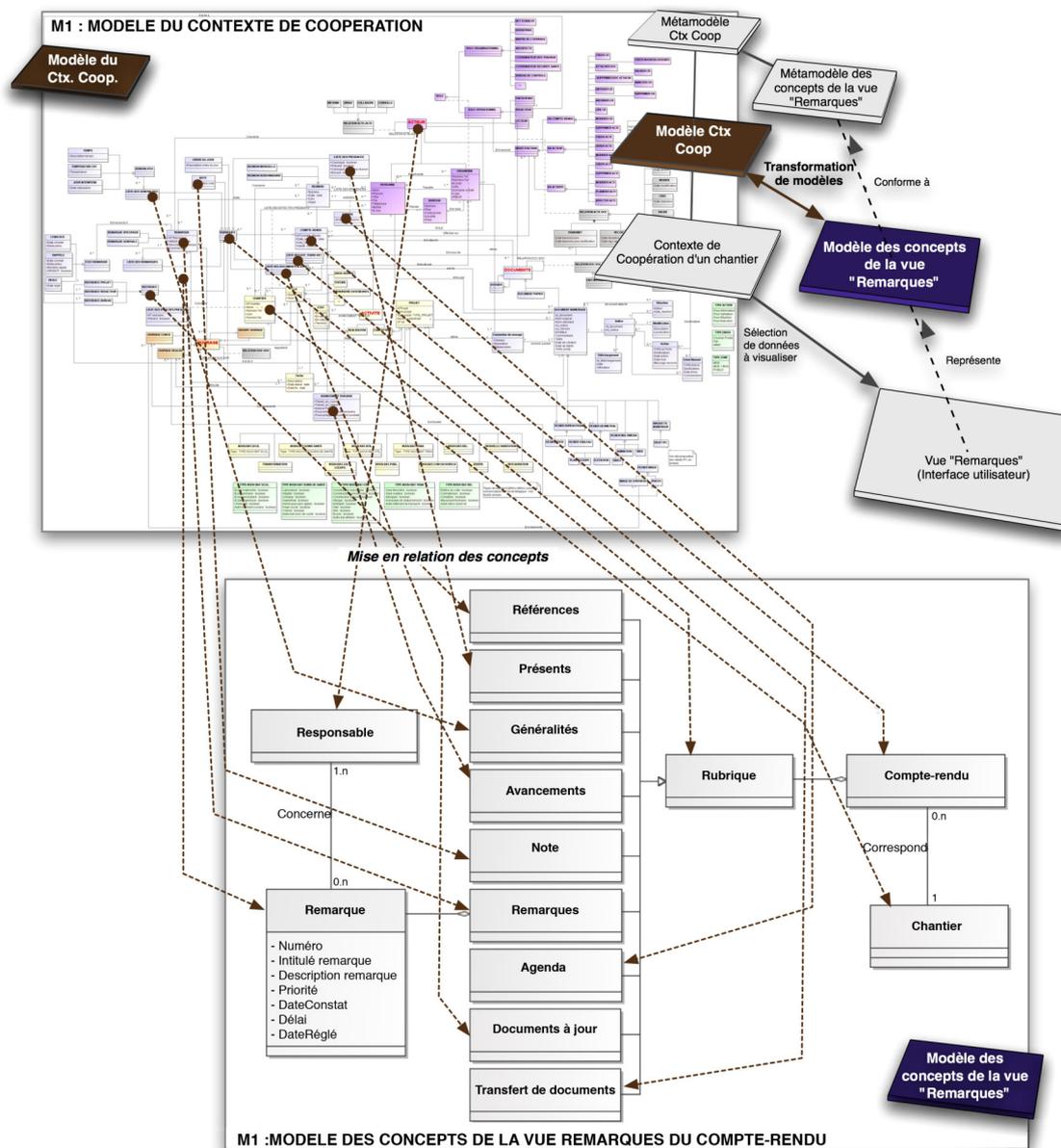


Figure 72. Correspondance entre les concepts du contexte de coopération et ceux de la vue « Remarques » au sein du service logiciel CRTI-weB « Compte-rendu »

Pour cette étude particulière, nous avons défini un modèle du contexte de coopération spécifique (M1 - voir Annexe 3) prenant en compte les concepts particuliers de gestion de chantier centrés autour du compte-rendu, et de la gestion documentaire (voir section 4.3.3). La

Figure 72 schématise les correspondances entre les concepts du modèle du contexte de coopération et le modèle de la vue « Remarques » du compte-rendu. Il s'agit de la principale vue de notre prototype, c'est pourquoi nous nous concentrons ici essentiellement sur celle-ci. Le modèle des concepts de la vue fait apparaître un « Compte-rendu » établi dans le cadre d'un « Chantier » donné et composé de diverses « Rubriques » parmi lesquelles nous avons la liste de « Remarques ». Chacune des remarques introduites au sein de cette liste est associée à un « Responsable » et caractérisée par son numéro, son intitulé, sa description, son niveau de priorité, la date à laquelle ce point particulier est constaté, le délai nécessaire pour le résoudre et enfin, la date à laquelle il est réglé.

4.2.4. Présentation des résultats d'expérimentation

Le prototype de « Compte-rendu » a fait l'objet de diverses expérimentations dans le cadre de projets réels, et ce, depuis mai 2006. À l'heure actuelle, deux structures ayant participé aux expérimentations continuent toujours à utiliser l'outil pour la rédaction et la consultation de leurs comptes-rendus de chantier.

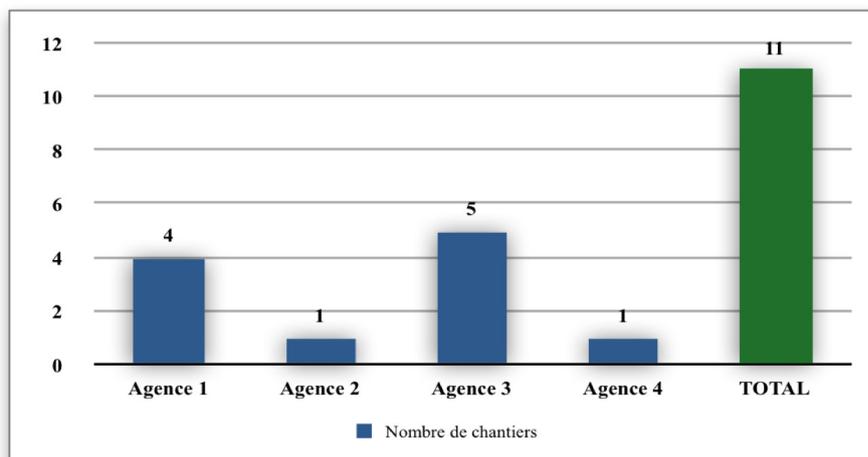


Figure 73. « Service logiciel Compte-rendu », nombre de chantiers par agence

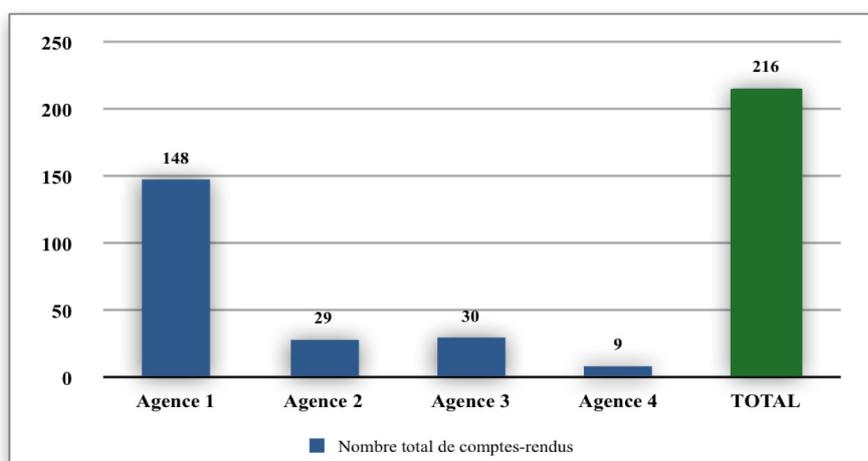


Figure 74. « Service logiciel Compte-rendu », nombre de comptes-rendus par agence

Après plusieurs mois d'utilisation du prototype, nous avons mené une phase d'interviews auprès des professionnels participant afin de recueillir leurs impressions sur l'outil. La situation était la suivante (données de décembre 2007 – voir Figure 73 et Figure 74) : 4 organismes participaient activement aux expérimentations. Au total, 11 chantiers étaient introduits dans l'outil faisant l'objet de 216 comptes-rendus.

Les quatre contextes d'expérimentation étaient particulièrement intéressants. En dehors du domaine d'activité, ils se distinguaient par leur contexte d'usage :

- L'agence 1 (Architecture) a décidé d'exploiter le prototype exclusivement en interne afin de gérer les aspects de rédaction de compte-rendu de chantier.
- L'agence 2 (Architecture) a débuté par un usage en interne pour la rédaction des comptes-rendus de chantier et ensuite, a décidé d'étendre l'usage aux destinataires du document.
- L'agence 3 (BET) a immédiatement débuté en exploitant la totalité du potentiel de l'outil en matière de rédaction et de consultation de comptes-rendus de chantier.
- L'agence 4 (Pilotage et coordination) a exploité l'outil pour la rédaction et la consultation des comptes-rendus liés à la phase de conception.

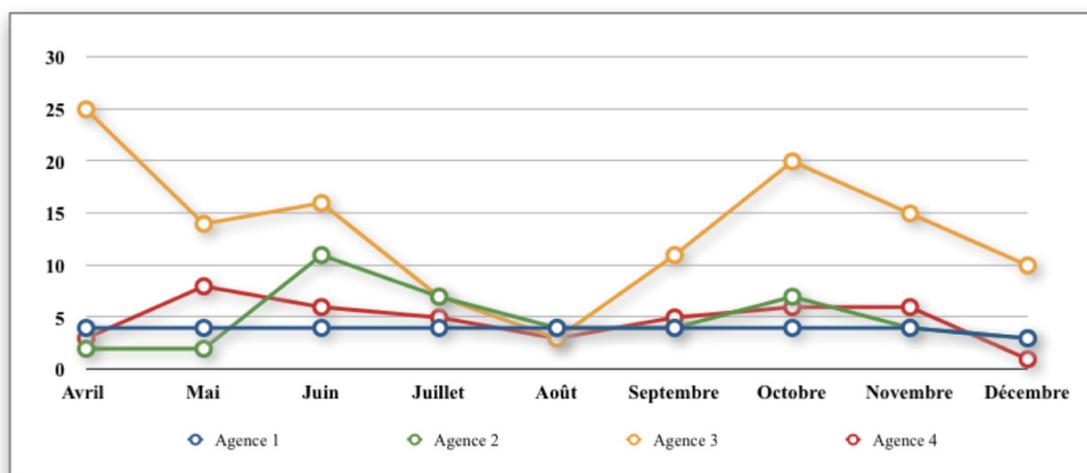


Figure 75. Analyse comparative du nombre total de personnes qui se sont connectées (avril - décembre 2007)

Aussi, la Figure 75 rend compte de ces contextes variés dans lesquels a été utilisé le prototype. Les courbes de connexions révèlent une certaine constance dans l'utilisation et met en évidence les périodes « creuses » du chantier (vacances d'été et vacances d'hiver).

La phase d'expérimentation a permis de mettre en évidence les éléments suivants (Guerriero 2008) :

- Les professionnels semblent globalement satisfaits par l'outil. Toutefois, nous pouvons constater qu'ils prennent peu de recul sur la proposition, ils souhaitent uniquement pouvoir reproduire le même document qu'auparavant. D'ailleurs, pour les utilisateurs, la comparaison avec des traitements de texte est facile, et ils font régulièrement apparaître des limites fonctionnelles de l'outil telles que les aspects de mise en forme.

- Ils apprécient que l'utilisation de l'outil soit simple et fiable, et que son apprentissage ne nécessite que peu d'investissement personnel. La majorité d'entre eux estiment qu'il représente un gain de temps et qu'il correspond parfaitement à leur pratique professionnelle.
- L'outil a été conçu spécifiquement pour les rapports de chantier. Il semble qu'il soit nécessaire de faire quelques ajustements afin que l'on puisse efficacement l'utiliser pour les comptes-rendus de réunion de conception.

Les retours des utilisateurs au cours de l'expérimentation ont par ailleurs permis de faire des ajustements fonctionnels (notamment pour l'affichage des remarques) et d'éliminer progressivement les bugs. À ce stade de ce travail de recherche, l'outil entre dans une phase de transfert vers un éditeur professionnel.

4.3. CRTI-weB, le service logiciel « Documents »

4.3.1. L'identification des pratiques métier liées à l'échange de documents

Nous avons ensuite procédé au développement d'un deuxième outil correspondant au second axe de recherche du projet Build-IT destiné à mener une réflexion sur l'outillage de l'échange de documents au cours de l'opération de construction (voir section 4.1). Comme pour le premier développement, ce projet s'inscrit dans une approche d'« *open-innovation* » (Kubicki et al. 2008b) où :

- Les spécifications sont établies par les utilisateurs finaux qui formalisent leurs besoins au travers d'interviews et d'enquêtes.
- Ces spécifications font l'objet de validations régulières par les professionnels, notamment lors de groupes de travail.

Le constat, au terme d'une première phase d'analyse, est que les solutions existantes en matière de plate-forme d'échange de documents sont loin de satisfaire les professionnels qui perçoivent une utilité limitée et une certaine complexité dans les outils existants qui leur ont été donnés de manipuler.

L'appropriation d'une nouvelle technologie repose sur deux dimensions (Davis 1989) :

- L'« **utilité perçue** » qui est définie comme « *le degré auquel une personne croit qu'utiliser un système particulier améliorerait la performance de son travail* ».
- La « **facilité d'usage** » perçue qui fait référence « *au degré auquel une personne croit qu'utiliser un système particulier ne nécessite pas d'effort de sa part* ».

Or, les études menées sur la perception des plates-formes par les professionnels établissent que ces deux aspects constituent des freins à l'adoption de ces technologies. Les acteurs du secteur perçoivent au travers des plates-formes une certaine complexité (Björk 2002), ils souhaiteraient pouvoir bénéficier de solutions simples facilitant leur travail au quotidien (Forcada 2007).

Par ailleurs, (Nitithamyong et al. 2004; Nitithamyong et al. 2007) mettent en évidence une utilité perçue relativement limitée. Si les professionnels jugent que les plates-formes ont un intérêt en termes de *stratégie*, de *délai* et de *communication*, ils ne constatent toutefois que peu

de bénéfiques en matière de *coûts*, d'*amélioration de la qualité* ou encore de *gestion des risques*. L'ensemble de ces aspects est cependant jugé essentiel pour les professionnels qui estiment qu'un système est performant quand il contribue à renforcer ces dimensions.

Outre la dimension technologique, il est apparu que l'appropriation de ces outils était par ailleurs freinée par la difficulté de structurer l'échange entre les acteurs du projet.

Aussi, nous avons commencé par définir les bonnes pratiques en matière d'échange de documents :

- [P1] Standardiser le nommage des documents (au Luxembourg, l'OAI¹⁰⁴ a établi une convention de nommage qui est largement utilisée dans le secteur).
- [P2] Décrire et localiser les modifications qui sont effectuées sur une nouvelle version d'un document.
- [P3] Informer les personnes intéressées du dépôt d'un document sur la plate-forme ou de sa modification.
- [P4] Transmettre et enregistrer les requêtes aux participants afin de structurer les échanges.
- [P5] Réagir et tracer les réactions relatives à un document.
- [P6] Maîtriser la visibilité d'un document pour les différents acteurs d'un projet en définissant des aires de partage.
- [P7] Superviser et gérer l'échange de documents.

4.3.2. Les services métier pour l'échange de documents

Les différentes pratiques identifiées ont ensuite été implémentées dans un outil sous forme de services métier. Le service logiciel d'échange de documents met en œuvre les services métier suivants (voir Figure 76) :

- Le service métier « **Nommage des plans** » supporte la bonne pratique P1. Il permet l'utilisation d'une convention de nommage. Il est défini dans le cadre de chaque projet et permet d'associer des méta-données à un document lorsque celui-ci est déposé sur la plate-forme.
- Le service métier « **Mise à jour de document** » supporte la bonne pratique P2 et contribue à faciliter le suivi de la mise à jour d'un document particulier, en renseignant notamment les modifications effectuées.
- Le service métier « **Notification** » supporte la pratique P3. Il permet à l'utilisateur d'être informé par email du dépôt ou de la mise à jour d'un plan sur la plate-forme. Par ailleurs, il informe son auteur de toute action réalisée sur le document (par ex. l'ajout d'une réaction).
- Le service métier « **Actions** » supporte la pratique P4. Il permet de tracer les interactions liées à un document. Lors du dépôt du document sur la plate-forme, l'utilisateur a la possibilité d'y associer des actions (requêtes typées – (Malcurat 2002)). Il s'agit plus particulièrement de requêtes auxquelles nous associons des actions, telles

¹⁰⁴ Ordre des Architectes et Ingénieurs-Conseils.

que par exemple, une « demande de validation », une « demande de réaction » ou encore de requêtes qui informent sur le statut du document, telles que « diffusé pour information » ou « bon pour exécution ».

- Le service métier « **Réactions** » supporte la pratique P5. Il a pour objet de tracer les échanges qui ont lieu autour d'un document donné.

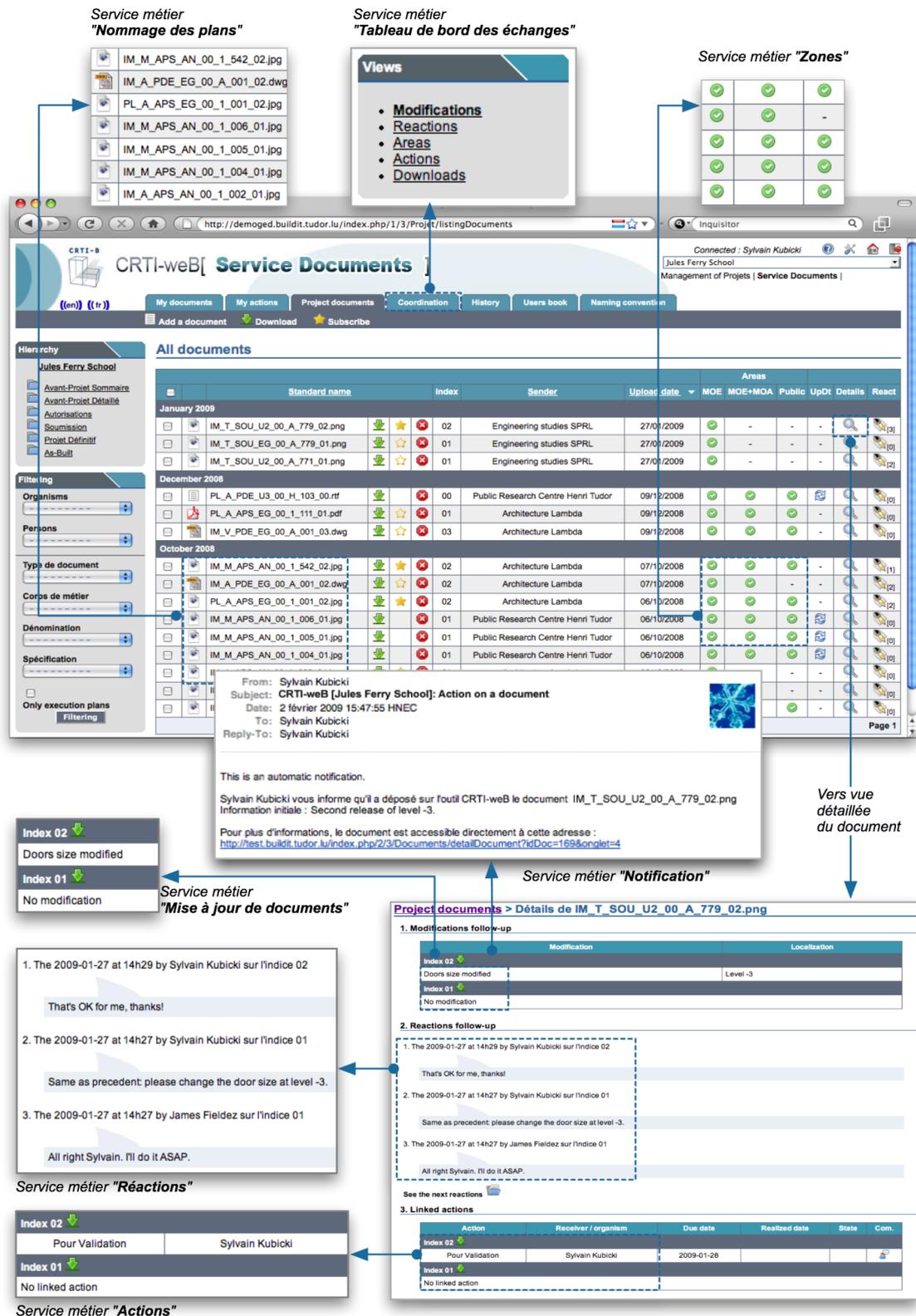


Figure 76. Description des services métier du service logiciel CRTI-weB « Echange de documents »

- Le service métier « **Zones** » supporte la pratique P6. Il relève des zones de visibilité de l'information selon lesquelles les intervenants peuvent, ou non, accéder au plan en fonction des droits qui sont les leurs (selon le rôle au sein du projet). Concrètement, il s'agit des aires suivantes : 1) l'aire MOE accessible à l'architecte et aux ingénieurs, 2) l'aire MOE/MOU qui étend la première à la maîtrise d'ouvrage, 3) l'aire PUBLIQUE qui élargit encore la zone d'accès aux entreprises de construction et à tout autre utilisateur.
- Le service métier « **Tableau de bord des échanges** » supporte la pratique P7. Il vise plus spécifiquement le rôle de coordination. Il permet d'obtenir plusieurs vues de synthèse sur les modifications, les réactions, les zones, les actions et les téléchargements. Plus précisément, en ce qui concerne les actions, la vue de coordination présente les diverses échéances et permet de relancer l'action d'un intervenant qui tarderait à effectuer l'action qui lui incombe sur le document.

Tout comme pour le Service logiciel « Compte-rendu », les développements de ce prototype s'inscrivent dans une Architecture Orientée Services (SOA) assurant la description du contexte de coopération.

Une extension de ce deuxième développement porte sur l'amélioration des pratiques de gestion interne des documents au sein d'un organisme. Ces pratiques concernent à la fois les procédures internes de production, validation ou diffusion de documents (tels que les plans, cahier des charges, bordereaux, etc.) et les tâches de dépôt ou récupération de fichiers dans le cas de l'utilisation d'une plate-forme documentaire partagée au sein d'un projet.

Des groupes de travail et des interviews ciblées nous ont permis d'identifier les services métier qui permettraient d'améliorer les pratiques internes de production (suivi des modifications effectuées sur les différents indices de plans, stockage centralisé, actions entre collaborateurs), par exemple dans la mise en place d'une démarche qualité au sein de l'entreprise.

Par ailleurs, nous avons également défini des services métier dont le but est de faciliter les pratiques collectives d'échanges de documents (voir ci-dessus), notamment en assistant la synchronisation des documents produits en interne avec une plate-forme documentaire de projet.

À ce stade, nous avons développé un prototype de « **client interne** » (toujours en cours de développement), utilisable au sein d'un organisme (serveur centralisé), et proposant les services métier suivants :

- « **Gestion et synchronisation de documents** » : suivi des indices, support d'une convention de nommage interne, publication vers une plate-forme externe et récupération depuis celle-ci, et gestion d'envois multiples de documents par liste d'attente.
- « **Suivi des modifications** » : gestion de liste de modifications sur les plans et gestion des relations entre plans (plans composés de références externes).
- « **Actions internes** » : gestion des demandes de production (demande de modification, demande de validation), actions à réaliser sur un plan reçu d'un partenaire du projet, actions à réaliser pour une diffusion de plan.

4.3.3. Le modèle des concepts représentés dans le Service logiciel d'« Echange de plans »

Les développements liés au prototype CRTI-weB « Service logiciel Documents » s'inscrivent dans la même lignée que ceux qui ont été menés pour le « Service logiciel Compte-rendu ». Nous avons travaillé en collaboration étroite avec des informaticiens (Kaffel 2008; Léonard 2008). Par ailleurs, nous avons procédé à l'intégration dans l'infrastructure pour l'exploitation de modèles décrite section 3.1.2.2.

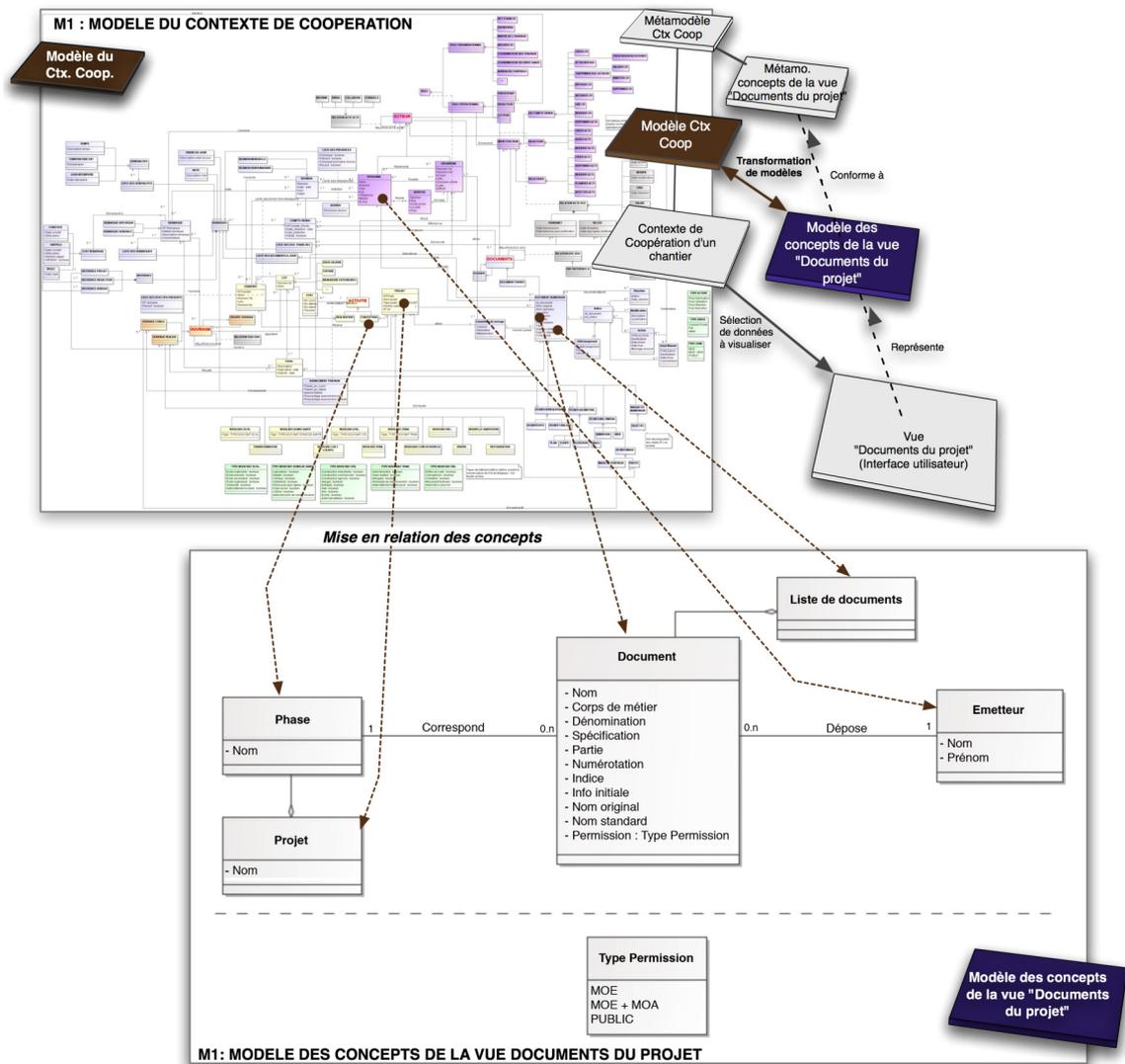


Figure 77. Correspondance entre les concepts du contexte de coopération et ceux de la vue « Documents du projet » au sein du Service logiciel CRTI-weB « Documents »

Nous nous intéresserons plus particulièrement à la vue principale « Documents du projet » qui liste l'ensemble des documents déposés sur la plate-forme. La Figure 77 schématise les correspondances entre les concepts du modèle du contexte de coopération et le modèle de cette vue. Cette dernière affiche une « Liste de documents » dont chacune des lignes décrit des « Documents » et une partie de leurs propriétés (ex. Nom standard, Indice, Emetteur, etc.). Les informations détaillées sur le document font apparaître le reste des propriétés (ex. Type, Phase,

Spécification, etc.). Chaque document est déposé par un « Emetteur » et correspond à une « Phase » particulière du « Projet ».

4.3.4. Présentation des résultats d'expérimentation

Le service logiciel de gestion des échanges de documents a fait l'objet d'une phase d'expérimentation menée dans un contexte pédagogique et a pris place dans le cadre du « Studio Digital Coopératif » dont l'objectif est d'enseigner aux étudiants en architecture les dimensions propres à l'ingénierie coopérative (Kubicki et al. 2008a).

Les expérimentations ont été réalisées lors de l'année scolaire 2007-2008, du 10 octobre 2007 au 19 décembre 2007. Vingt-six étudiants y ont participé, issus pour une part, de l'Université de Liège (4ème et 5ème année), et pour une autre part, de l'Ecole Nationale Supérieure d'Architecture de Nancy (Master MSEB, 5ème année). Le contexte était celui de la conception d'un projet de « Maison pour l'environnement », la particularité étant que les groupes établis pour réaliser ce projet mêlaient des étudiants issus de chacun des deux sites. Aussi, l'essentiel du travail était à effectuer à distance en exploitant les outils suivants :

- Un système de visioconférence,
- Un bureau virtuel permettant le partage de croquis/plans, et l'édition simultanée,
- Le Service logiciel CRTI-weB pour le partage des documents, l'assignation d'actions, le suivi des modifications et le tracé des réactions.

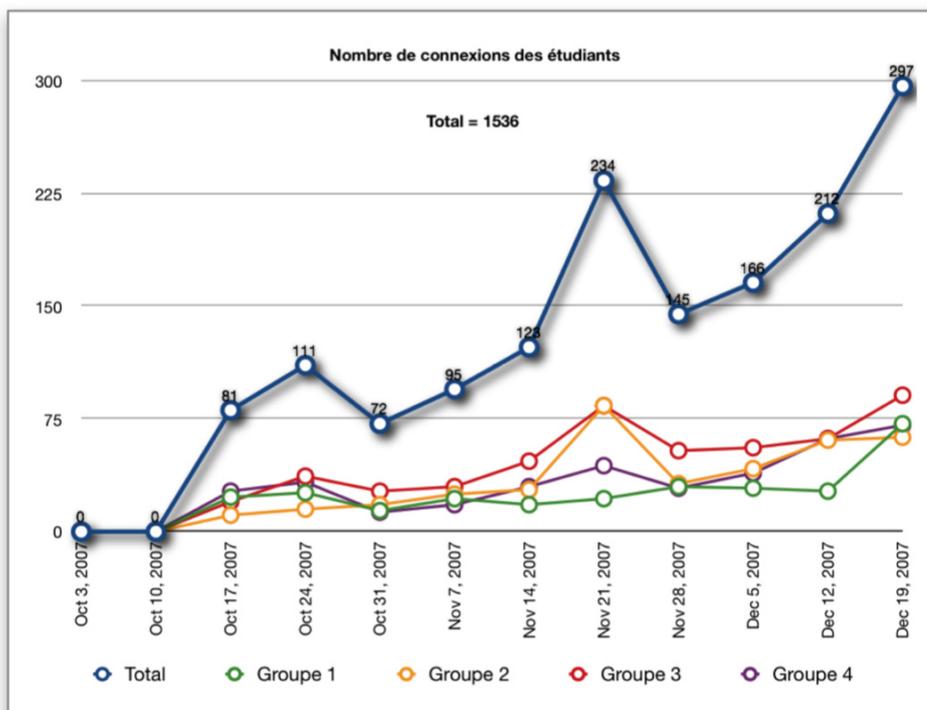


Figure 78. Nombre de connexions des étudiants (par semaine d'utilisation)¹⁰⁵

¹⁰⁵ Illustration issue de Kubicki, S. (2008a). "CRTI-weB Prototype d'échange de plans. Analyse de l'expérimentation 1 : "Studio Digital Coopératif"". Rapport interne. Centre de Recherche Public Henri Tudor, Luxembourg.

Nous nous intéresserons ici plus particulièrement aux résultats obtenus en ce qui concerne l'utilisation de ce dernier prototype. L'analyse de la répartition des connexions durant cette phase d'expérimentation (au total 1536 connexions, voir Figure 78 et du volume de documents déposés chaque semaine sur plate-forme (au total 441 documents, voir Figure 79) font apparaître deux courbes progressives presque parallèles.

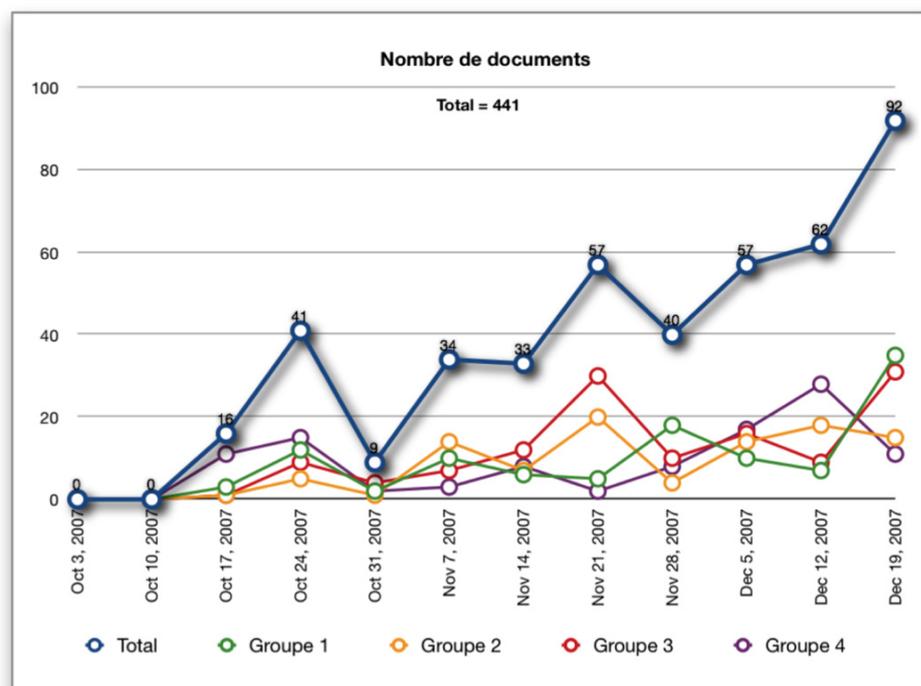


Figure 79. Nombre de documents déposés par les étudiants (par semaine d'utilisation)¹⁰⁶

Nous justifions cela tant par le fait que la production de documents se densifie au fil de la conception du projet, que par le fait que les étudiants se familiarisent de plus en plus à l'usage de l'outil. Les graphes mettent en évidence deux pics correspondant aux deux remises des travaux : rendu intermédiaire du 21 novembre et rendu final du 19 décembre.

Cette phase d'expérimentation a été particulièrement riche, car outre le fait qu'elle a permis de stabiliser une première version de l'outil, elle a permis d'identifier de nombreuses améliorations fonctionnelles potentielles (Bensalma 2008). Par ailleurs, elle a démontré que le prototype s'adaptait particulièrement bien à une activité de conception de projet et que les utilisateurs appréhendaient rapidement les fonctionnalités du prototype dans leur ensemble, conditions qui nous paraissent essentielles afin de garantir l'appropriation de l'outil.

Toutefois, nous ne pouvons faire l'impasse sur les éléments qui distinguent une expérimentation dans un contexte réel d'une expérimentation menée dans le cadre d'un projet pédagogique :

- Enjeux économiques,
- Durée de la phase de conception,

¹⁰⁶ Illustration issue de Ibid.

- Taille de l'équipe projet,
- Méthodes internes stables et figées (ex. Convention de nommage interne),
- Plan qualité (ex. Structuration des informations de projet), etc.

Il s'agit d'autant d'éléments qui distinguent ces deux contextes. Les conclusions de cette première expérimentation sont positives et nous rendent confiant en ce qui concerne l'usage de l'outil en situation réelle et son appropriation par les professionnels. Toutefois, au terme de cette première phase, nous ne pouvons garantir que les résultats seront aussi concluants dans un contexte réel de projet avec toute la complexité que cela comporte.

À ce stade de ce travail de recherche, deux nouvelles expérimentations viennent de débiter sur des situations réelles de projet. Même si les utilisateurs s'investissent beaucoup et semblent satisfaits de l'outil, il est encore un peu tôt pour tirer les premières conclusions. En parallèle, une étude est menée afin d'établir un plan de transfert vers un éditeur professionnel ou un prestataire de service.

4.3.5. Perspectives

Les expérimentations menées dans le cadre de ces travaux de recherche (CRTI-weB « Service logiciel Compte-rendu », et « Service logiciel Documents ») ont permis d'identifier la nécessité d'adapter l'offre de services métier à chaque situation de projet (Kubicki 2008b). Aussi, nous suggérons en termes de perspective qu'il serait intéressant de pouvoir établir une offre de services métier spécifique à une opération donnée. Dans la réflexion sur une méthodologie pour la composition de services, nous distinguons les dimensions suivantes :

- La modélisation des services logiciels et des services métier. Il s'agit de décrire les services au travers de leurs « aspects fonctionnels » supportant les pratiques métier, de leurs « aspects non-fonctionnels » tels que la qualité du service et enfin, de leurs « aspects transactionnels » permettant la composition de services métier.
- La composition de services métier. Celle-ci est envisagée dans une approche collaborative dans laquelle interviennent des expertises 1) des pratiques professionnelles, 2) des services métier supports et enfin, 3) de l'intégration technique des services métier.

L'ensemble de ces réflexions menées autour du contexte de coopération et des services métier et logiciels spécifiques pour assister une opération de construction sont émergentes et font l'objet d'un nouveau projet de recherche (Projet Des2Co financé par le Fonds National de la Recherche Luxembourg qui a débuté en janvier 2009).

4.4. Synthèse

Ce quatrième chapitre nous a permis de poursuivre notre étude destinée à acquérir la connaissance du domaine. Nous y avons présenté deux services logiciels d'assistance à la supervision directe : l'un consacré aux comptes-rendus de chantier, et l'autre dédié à la gestion

des échanges de documents. Ces deux applications, développées dans le cadre du projet de recherche luxembourgeois Build-IT, ont été réalisées sur base d'une analyse des pratiques métier auxquelles ont été associés des services métier. Par ailleurs, toutes deux ont fait l'objet d'une phase d'expérimentation en situation réelle de chantier.

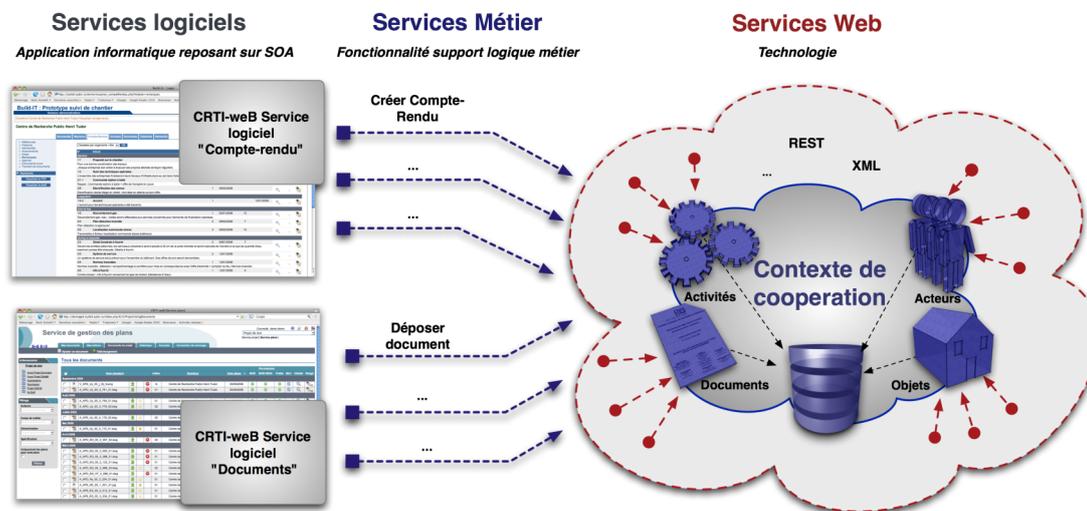


Figure 80. Les services logiciels CRTI-weB et le contexte de coopération

Ces deux services logiciels prennent place dans une infrastructure logicielle et conceptuelle, et ils constituent des sources privilégiées pour l'alimentation du contexte de coopération (voir Figure 80). Nous rappelons que cette infrastructure met en œuvre un dispositif de services (services logiciels, services métier et services Web) définissant un système d'information interopérable incorporant la connaissance liée à l'activité collective.

Un tel dispositif nous permet de constituer un système d'information intégrant la connaissance liée à l'activité de chantier. Cette connaissance est relative aux quatre dimensions de l'activité coopérative :

- L'activité et son déroulement,
- L'acteur et sa capacité à réaliser la tâche dont il est responsable,
- L'ouvrage et son exécution,
- Le document dont l'état influe sur la réalisation.

Or, ces quatre dimensions sont prépondérantes pour déterminer « la confiance dans le bon déroulement de l'activité » (voir section 2.5). Il nous semble dès lors intéressant de voir comment nous pouvons exploiter cette connaissance afin d'en extraire de l'information liée à la confiance.

CHAPITRE 5. La proposition d'une méthode de mesure de la confiance dans le bon déroulement de l'activité

Afin de définir notre méthode de mesure de la confiance dans le bon déroulement de l'activité de chantier, nous suggérons de poursuivre les étapes du processus que nous nous sommes fixé (voir Figure 81).

Les deux chapitres précédents nous ont permis de répondre à la première étape relative à l'obtention de la connaissance du domaine. En effet, notre proposition s'appuiera sur l'ensemble du dispositif basé sur l'association du contexte de coopération et des services logiciels.



Figure 81. Étapes du processus pour une proposition d'une méthode de calcul de la confiance

Nous nous concentrerons dans ce présent chapitre sur les étapes 2 à 4. Nous commencerons par identifier les aspects sur lesquels repose la confiance dans le bon déroulement de l'activité. Ensuite, nous procéderons à l'identification des critères mesurables qui pourront être évalués en nous fondant sur la connaissance issue du contexte de coopération. Enfin, nous nous inspirerons des travaux de recherche antérieurs sur la question du calcul de la confiance afin de proposer notre propre modèle mathématique. Nous appliquerons ce modèle mathématique à un scénario de chantier et nous identifierons les perspectives le concernant.

5.1. L'étude des aspects et des critères de confiance dans le bon déroulement de l'activité de chantier

Nous commencerons, dans cette section, par traiter des aspects sur lesquels repose la confiance. Ensuite, nous traduirons les aspects en critères mesurables puisant leur source au sein du contexte de coopération.

5.1.1. L'identification des aspects de confiance

Nous nous focalisons dorénavant sur la seconde étape du processus établi en vue de définir une mesure de la confiance (voir Figure 82).



Figure 82. Deuxième étape : Identifier les aspects de confiance

L'étude menée sur le contexte et la confiance (voir section 2.3) nous a permis d'établir que la confiance dans le bon déroulement de l'activité était dépendante des diverses dimensions de l'activité collective :

- La tâche : sa progression,
- L'acteur : le responsable de la tâche,
- L'ouvrage : le(s) ouvrage(s) résultant de la tâche,
- Le document : le(s) document(s) nécessaire(s) à l'exécution de la tâche.

Nous suggérons, par conséquent, qu'il nous faut évaluer spécifiquement la confiance dans chacune de ces dimensions pour déterminer la confiance que nous appellerons « globale ».

Aussi, afin d'établir plus précisément les aspects sur lesquels repose la confiance, nous avons procédé par une première phase de brainstorming réunissant des collaborateurs internes à notre laboratoire, et dans un second temps, nous avons confronté les résultats à 14 professionnels¹⁰⁷ au travers d'un questionnaire (voir Annexe 1 pour consultation du questionnaire et Annexe 2 pour consultation des résultats) afin de valider les aspects de confiance et d'intégrer de nouveaux éléments.

Cette étude, combinée avec des entretiens menés auprès des professionnels du secteur, nous a permis d'extraire les aspects qui ressortaient comme prédominants afin de juger de la confiance que l'on peut accorder dans chacune des dimensions précitées. Nous retiendrons de cette étude que :

¹⁰⁷ Il s'agissait de 9 architectes, 3 ingénieurs, une entreprise de construction et un bureau spécialisé dans le pilotage et la coordination.

- La « *confiance spécifique dans la progression de la tâche* » est naturellement dépendante de la manière dont progresse la tâche par rapport aux prévisions, mais également des aléas potentiels qui surviennent lors de son exécution, ainsi que de l'environnement dans lequel elle doit avoir lieu.
- La « *confiance spécifique dans l'acteur* » est dépendante des marques de compétence reconnue, tout comme le sont les labels de certification. Elle est également influencée par la performance de l'acteur. Il s'agit ici de considérer tant la performance sur le chantier en cours, que les expériences issues de chantiers antérieurs. Enfin, la présence aux réunions de chantier apparaît comme un facteur important.
- La « *confiance spécifique dans l'ouvrage* » est dépendante de sa mise en œuvre et de sa complexité inhérente. Par ailleurs, elle est conditionnée par les modifications survenant par rapport au CCTP¹⁰⁸ initial, ces dernières pouvant être sources d'erreur sur le chantier. En outre, la cohérence par rapport au budget prévisionnel y contribue nettement.
- La « *confiance spécifique dans le document* » réside dans son niveau de définition et dans son statut. Elle est également influencée par les actions à mener sur ce document. Enfin, la présence des derniers documents mis à jour sur le chantier apparaît déterminante.

Tableau 15. Les aspects de la confiance en fonction des types de Confiance Spécifique

Type de Confiance Spécifique	Aspects de confiance
Confiance Spécifique dans la Progression de la Tâche	Progression
	Exécution
	Environnement
Confiance Spécifique dans l'Acteur	Compétence reconnue
	Performance
	Présence aux réunions de chantier
Confiance Spécifique dans les Ouvrages	Mise en oeuvre
	Modification
	Respect du budget
Confiance Spécifique dans le Document	Statut
	Actions
	Disponibilité sur le chantier

5.1.2. La traduction des aspects de confiance en critères de confiance



Figure 83. Troisième étape : Déterminer les critères

Nous poursuivons notre analyse et nous nous focalisons maintenant sur la troisième étape qui a pour objectif la détermination de critères de confiance pour chacun des aspects identifiés

¹⁰⁸ Cahier des Clauses Techniques Particulières.

précédemment (voir Figure 83). Ces derniers, outre le fait qu'ils doivent être mesurables, doivent trouver leur source dans le contexte de coopération. Là encore, les résultats de l'enquête menée auprès des professionnels (voir Annexe 2) sont particulièrement intéressants, car ils nous permettent de mettre en relation les critères à évaluer ainsi que leur source (voir Tableau 16).

Tableau 16. Les critères de la confiance et leurs sources

Type de Confiance Spécifique	Aspects de confiance	Critères à évaluer	Source
Confiance Spécifique dans la Progression de la Tâche	Progression	État de la tâche	Planification Gantt/Pert, Simulation 4D
		Criticité de la tâche	Planification Pert
	Exécution	Nombre de problèmes d'exécution urgents	Rapport de chantier (Liste des remarques)
	Environnement	Température prévue minimum	Prévisions météorologiques
Confiance Spécifique dans l'Acteur	Compétence reconnue	Certification ISO / QUALIBAT	Profil acteur
	Performance	Cote globale d'évaluation de la performance	Évaluation de la performance
	Présence aux réunions de chantier	Taux de présence aux réunions	Rapport de chantier (Liste de présence)
Confiance Spécifique dans les Ouvrages	Mise en oeuvre	Niveau de difficulté de mise en oeuvre	Appréciation du coordinateur, DTU
	Modification	Nombre de modifications	Suivi des modifications
	Respect du budget	Similitude du budget par rapport aux prévisions	Suivi financier
Confiance Spécifique dans le Document	Statut	État des documents	Gestion des documents
	Actions	État des actions sur les documents	Gestion des documents
		Nombre de réactions	Gestion des documents
	Disponibilité sur le chantier	Téléchargement	Gestion des documents

Considérons par exemple l'aspect de confiance « progression ». Les critères à évaluer pour cet aspect sont : l'état de la tâche ainsi que la criticité de la tâche. Ces informations seront disponibles si l'utilisateur exploite des services logiciels propres à la planification Gantt/Pert, voire de simulation 4D.

Nous remarquons en effet que l'information nécessaire pour évaluer les critères est contenue dans le contexte de coopération du chantier, lui-même alimenté par des services logiciels. La mise en relation du critère et de la source permet de traduire le fait que si le service logiciel source est utilisé, il est possible de déterminer la valeur du critère de manière automatique. Par exemple, si les données relatives au planning sont gérées, il est possible de déduire l'état de la tâche (ex. En avance, En retard, etc.) ou encore de déterminer si la tâche est critique.

5.1.3. Outiller la confiance ou le risque

À ce stade, il nous semble essentiel de préciser que, bien que la relation soit proche entre confiance et risque (Luhmann 1988), notre approche se veut fondamentalement différente d'une gestion des risques proprement dite (Klemetti 2006; Zou et al. 2006; Boone 2007; Zou et al. 2007). Nous rappelons que notre objectif vise à instrumenter la confiance en vue d'assister la perception de l'état du contexte de coopération afin de permettre à l'utilisateur de mieux adapter son action sur le contexte. Par conséquent, nous ciblons une analyse de l'activité collective au fil de l'évolution du chantier orientée par la confiance. Or, en matière d'analyse des risques, l'approche est tout autre. En effet, l'analyse des risques peut être caractérisée par quatre phases principales (Alquier et al. 2007) :

1. *Identification des risques*

Sur base des expériences antérieures, une liste des risques (de ne pas atteindre les objectifs escomptés) est établie.

2. *Évaluation et hiérarchisation des risques*

Cette phase permet d'établir une liste de risques hiérarchisés en fonction de leur probabilité d'apparition et de la gravité de leurs conséquences.

3. *Réduction des risques*

Cette phase permet de définir un plan d'actions pour prévenir ou corriger les risques (actions d'évitement, de transfert, d'acceptation de risque, de prise en compte d'opportunité).

4. *Gestion des risques*

Il s'agit ici d'effectuer un suivi des actions et une surveillance des risques. Par ailleurs, il reste important de capitaliser sur cette expérience et d'établir des reportings.

Nous voyons que cette démarche est largement différente de la nôtre. Dans ce cas précis, il s'agit de fournir une étude parallèle qui peut s'avérer conséquente, et d'autant plus que l'opération de construction est large. Notre approche, quant à elle, cherche à capitaliser sur les sources existantes et la connaissance du contexte de coopération afin de fournir des indicateurs sur la confiance dans le bon déroulement de l'activité. Par ailleurs, la gestion des risques considère trois séquences : analyse antérieure, en cours d'activité et postérieure à l'activité. Pour notre part, notre objectif se situe dans la perception de l'état de l'activité à un moment t .

5.2. La méthode de calcul de la confiance dans le bon déroulement de l'activité

L'étude se poursuit pour atteindre la quatrième étape du processus qui se focalise sur la mesure proprement dite de la confiance et de ses critères (voir Figure 84). Nous commencerons par analyser les modèles mathématiques de calcul de confiance existants. Ensuite, nous proposerons notre propre méthode pour le calcul de la confiance dans le bon déroulement de l'activité.



Figure 84. Quatrième étape : Mesurer la confiance

5.2.1. L'étude des méthodes de calcul existantes

5.2.1.1. L'approche générale

Avant d'établir notre propre modèle mathématique de la confiance, nous avons commencé par analyser les travaux de chercheurs traitant de la question. Nous avons analysé les travaux suivants :

- (Sutcliffe 2006) qui propose un modèle cognitif de la confiance centré autour des notions de réputation et d'expériences antérieures.
- (Michalakopoulos et al. 2005) qui traitent de la confiance au sein des places de marché électronique.
- (Giorgini et al. 2005) qui suggèrent une modélisation et une analyse de la confiance au sein des organisations et des systèmes d'information en abordant deux niveaux : le social et l'individuel.
- (Marsh 1994; Marsh 1997; Marsh 2005) qui suggèrent une modélisation de la confiance centrée autour de la coopération entre agents.

Ces derniers travaux s'avèrent les plus proches de nos intérêts. Ils s'inscrivent dans le domaine de l'Intelligence Artificielle Distribuée ou encore des Systèmes Multi-Agents. Néanmoins, nous y voyons un socle solide sur lequel fonder notre propre modèle. Nous suggérons par conséquent de détailler le modèle mathématique proposé.

5.2.1.2. Le calcul de la confiance dans le cadre de la coopération

Dans ces travaux (Marsh 1994), S.P. Marsh distingue trois types de confiance parmi lesquels nous retrouvons :

- La confiance basique, « *Basic Trust* »,
- La confiance générale, « *General Trust* »,
- La confiance situationnelle, « *Situational Trust* ».

La confiance basique

Cette confiance est « *déduite de l'expérience passée menée au sein de toutes les situations* » (Marsh 1994), p. 56. Elle repose sur l'ensemble des expériences menées par l'agent au cours de l'ensemble de sa vie. Cette confiance possède une valeur dans l'intervalle $[-1,1]$, donc, $-1 \leq Tx \leq +1$.

Il ne s'agit pas de la valeur de la confiance d'un agent dans un autre agent, ni de la confiance dans un environnement où une situation donnée, il s'agit simplement d'une valeur

représentative de la disposition générale de l'agent à faire confiance. Nous rapprochons naturellement ce type de confiance de la « Dispositionnal Trust » introduite par R.M. Kramer (Kramer 1999) (voir section 2.2.1). En somme, une telle vision de la confiance considère que l'agent apprend des expériences passées et que les bonnes expériences antérieures conduisent à une grande prédisposition à faire confiance, tandis que de mauvaises expériences renforcent la prédisposition à la méfiance (Boon et al. 1991)¹⁰⁹. Aussi, comme le développe (Marsh 1994), des agents peuvent être a priori optimistes, pessimistes ou encore simplement réalistes.

La confiance générale

Selon S. P. Marsh ((Marsh 1994), pg. 56), la confiance générale relève de la confiance dans l'agent. Considérons deux agents x et y , elle correspond alors à la « confiance de x dans y ». Elle est notée $T_x(y)$ et sa valeur est comprise dans l'intervalle $[-1,1]$, donc $-1 \leq T_x(y) \leq 1$. Cette valeur représente la confiance de x dans y et ce, indépendamment de toute situation spécifique. La valeur « 0 » signifie que x n'a pas confiance en y (par ex. parce qu'il ne connaît pas y du tout). La valeur « -1 » représente le niveau maximum de méfiance et la valeur « 1 », le niveau maximum de confiance.

Dans ce cas précis, il semble important de préciser quelles sont les situations dans lesquelles la confiance générale est associée à une valeur nulle, car une telle situation est fondamentalement différente d'une situation de méfiance. Les raisons pour lesquelles la valeur de la confiance générale peut être nulle sont les suivantes ((Marsh 1994), p. 56) :

- L'Agent Trustor ne connaît pas l'Agent Trustee.
- L'Agent Trustor peut être impartial en ce qui concerne l'Agent Trustee.
- Les deux agents viennent juste de se rencontrer et l'Agent Trustor possède une $T_x = 0$.
- L'expérience peut conduire à affecter une valeur nulle à la confiance dans l'agent si les expériences sont tantôt positives, tantôt négatives.

La confiance situationnelle

Selon S. P. Marsh ((Marsh 1994), pg. 58), les agents sont placés en situation, et cette situation est à l'origine même de nouvelles considérations en matière de confiance. Nous rappelons que notre analyse de la notion de confiance a également mis en évidence le caractère situé de toute décision de confiance (voir section 2.1.5). Plus concrètement, nous pouvons faire confiance à un agent dans une situation donnée, et non pas dans une autre. Par exemple, je peux faire confiance à un ami pour lui prêter ma voiture, mais pas pour lui prêter ma carte de crédit ((Chang 2006), voir section 2.3.1). La notation concernant « la confiance de x dans y pour faire α » est : $T_x(y, \alpha)$. Sa valeur est comprise dans l'intervalle : $[-1,1]$. Deux notions semblent importantes à introduire lorsqu'on s'intéresse à la confiance situationnelle : l'utilité et l'importance.

La notion d'« *utilité* » renvoie aux théories économiques qui préconisent que tout acteur économique rationnel cherche à maximiser son utilité (Simon 1955; Preston 1961; Sycara

¹⁰⁹ Cité dans Marsh, S. P. (1994). "Formalising Trust as a Computational Concept". Degree of Doctor of Philosophy. University of Stirling, Department of Computing Science and Mathematics, Stirling, 170 pp.

1988)¹¹⁰. Il s'agit d'une mesure de la satisfaction procurée par la consommation. S.P. Marsh établit un rapprochement entre cette notion et celle de confiance. Aussi, dans son approche, l'utilité correspond à une mesure de l'intérêt (ou de la satisfaction) que peut trouver un individu dans une situation donnée. Afin de juger de l'utilité d'une situation, il est nécessaire pour cet individu d'en considérer toutes les issues possibles. L'utilité pour x d'une situation α est annotée : $U_x(\alpha)$. Sa valeur est comprise dans l'intervalle $[-1,1]$. Cet intervalle caractérise le fait que la situation considérée peut s'avérer utile pour l'individu ($0 < U_x(\alpha) \leq 1$), ne rien lui apporter ($U_x(\alpha) = 0$), ou encore s'avérer dommageable en ce qui le concerne ($-1 \leq U_x(\alpha) < 0$).

Si l'utilité consiste en une mesure rationnelle du résultat lui-même d'une situation donnée, l'« **importance** » quant à elle, fait référence à « *un jugement subjectif émis par un agent donné en ce qui concerne une situation* » (Marsh 1994), p. 58. Cette valeur permet d'introduire le fait que les choses au-delà la situation évoluent. L'agent lui-même peut être amené à changer. Aussi, la confiance ne peut être uniquement basée sur des éléments rationnels. L'importance d'une situation α pour un agent x est annotée : $I_x(\alpha)$. Sa valeur est comprise dans l'intervalle $[0,1]$. La valeur de l'importance ne peut être négative. Cet intervalle caractérise le fait qu'une situation a de l'importance ($0 < I_x(\alpha) \leq 1$) ou non ($I_x(\alpha) = 0$) pour un individu donné.

Pour distinguer ces deux notions, S.P. Marsh cite pour exemple, le jeu de dés à Las Vegas. Dans une telle situation, l'utilité de gagner aux dés est potentiellement énorme pour l'individu considéré, tandis que l'importance est négligeable, tant il n'est pas rationnel d'espérer gagner. Néanmoins, si l'individu est prêt à faire en sorte de mettre toutes les chances de son côté, par exemple en truquant les dés, l'importance (pour lui de gagner aux dés) croît tandis que l'utilité reste inchangée.

Dans le contexte de la coopération, la confiance situationnelle est le type de confiance le plus important parmi les trois identifiés ci-dessus. Elle peut être calculée sur base de la formule suivante :

$$T_x(y, \alpha) = U_x(\alpha) \times I_x(\alpha) \times \hat{T}_x(y)$$

Tableau 17. Confiance situationnelle - Synthèse des annotations

Description	Représentation	Intervalle de valeur
Situations	α, β	
Agents	x, y	
Confiance Situationnelle (ex. de x en y dans la situation α)	$T_x(y, \alpha)$	$[-1, +1]$
Importance (de α pour x)	$I_x(\alpha)$	$[0, +1]$
Utilité (de α pour x)	$U_x(\alpha)$	$[-1, +1]$
Confiance Générale estimée (de x dans y)	$\hat{T}_x(y)$	$[-1, +1]$

¹¹⁰ Cité dans Ibid. pp.

5.2.2. Une proposition pour le calcul de la confiance dans le bon déroulement de l'activité de chantier

5.2.2.1. La structuration générale

Notre objectif est de rendre compte de la confiance dans le bon déroulement de l'activité de chantier en nous focalisant sur les aspects de confiance et les critères identifiés dans les sections 5.1.1 et 5.1.2. Aussi, nous suggérons de nous inspirer des travaux de S.P. Marsh (Marsh 1994; Marsh 2005) analysés ci-dessus afin d'établir notre propre méthode de calcul de la confiance.

Nous suggérons de structurer notre approche selon deux niveaux de confiance (voir Figure 85)¹¹¹:

- La « **Confiance Globale** » qui caractérise la confiance dans le bon déroulement de l'activité dans un contexte¹¹² α donné. L'annotation correspondante est $T(\alpha)$.
- La « **Confiance Spécifique** » qui rend compte des dimensions de l'activité sur lesquelles la Confiance Globale repose. Nous distinguons quatre types de Confiance Spécifiques :
 - o La Confiance Spécifique dans la Progression de la Tâche ($T_{tp}(\alpha)$),
 - o La Confiance Spécifique dans les Acteurs ($T_a(\alpha)$),
 - o La Confiance Spécifique dans les Documents ($T_d(\alpha)$),
 - o La Confiance Spécifique dans les Ouvrages ($T_{be}(\alpha)$).

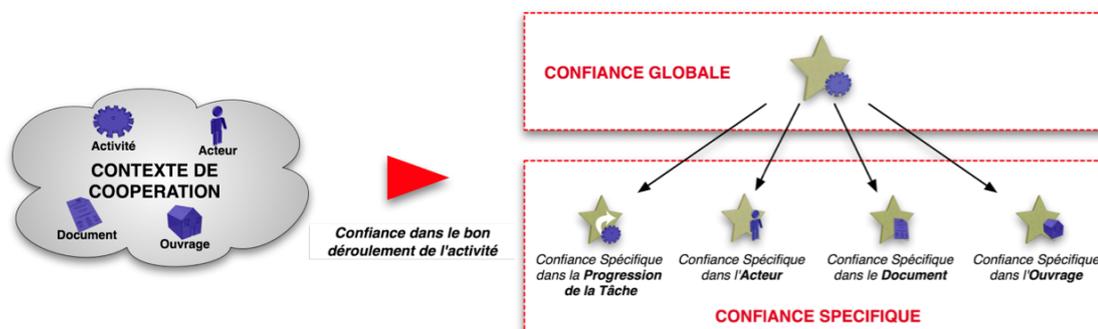


Figure 85. La confiance globale et la confiance spécifique

Nous soulignons que notre contribution au modèle mathématique que nous allons traiter en détail dans la suite de ce travail s'est concentrée sur la détermination de la méthode. La

¹¹¹ Nous soulignons ici que les annotations que nous emploierons dans notre modèle mathématique ont été établies en anglais en vue de faciliter les publications internationales, voir pour exemple :

Guerriero, A., Halin, G. and Kubicki, S. (2008a). "Integrating Trust Concepts in a Dashboard intended for the Building Construction Coordinator". CIB-W78, July 15-17, 2008, Santiago De Chile, Chile.

Guerriero, A., Halin, G., Kubicki, S. and Beurné, S. (2008b). "A trust-based dashboard to manage building construction activity". ECPPM 2008, 2008 September, 10-12, Sophia-Antipolis, France.

¹¹² Il s'agit bien ici de la notion de « situation » au sens de S.P. Marsh. Nous emploierons le terme « contexte » en référence à notre « contexte de coopération ».

formalisation de notre modèle, quant à elle, s'est faite en collaboration avec un mathématicien afin de garantir la cohérence de l'ensemble.

5.2.2.2. Le calcul de la Confiance Globale

La Confiance Globale doit faire état de l'ensemble des types de Confiance Spécifique. Or, chacun d'entre eux joue un rôle relatif. Aussi, nous avons établi que la Confiance Globale dans le contexte α consiste en une moyenne pondérée des différentes valeurs de Confiance Spécifique. Elle est calculée à partir de la formule suivante :

$$T(\alpha) = \frac{T_{ip}(\alpha)I_{ip}(\alpha) + T_a(\alpha)I_a(\alpha) + T_{be}(\alpha)I_{be}(\alpha) + T_d(\alpha)I_d(\alpha)}{I_{ip}(\alpha) + I_a(\alpha) + I_{be}(\alpha) + I_d(\alpha)}$$

Le Tableau 18 ci-dessous fournit la description des annotations.

Tableau 18. Calcul de la Confiance Globale (1) - Synthèse des annotations

Description	Représentation	Intervalle de valeur
Activité	α	
Confiance Globale	$T(\alpha)$	[-1, 1]
Confiance Spécifique dans la Progression de la Tâche	$T_{ip}(\alpha)$	[-1, 1]
Confiance Spécifique dans l'Acteur	$T_a(\alpha)$	[-1, 1]
Confiance Spécifique dans les Ouvrages de Construction	$T_{be}(\alpha)$	[-1, 1]
Confiance Spécifique dans le Document	$T_d(\alpha)$	[-1, 1]
Importance de la Progression de la Tâche	$I_{ip}(\alpha)$	[0,1]
Importance de l'Acteur	$I_a(\alpha)$	[0,1]
Importance de l'Ouvrage	$I_{be}(\alpha)$	[0,1]
Importance du Document	$I_d(\alpha)$	[0,1]

Cette formule repose sur les concepts identifiés dans la formule suggérée par S.P. Marsh. Seule l'utilité n'apparaît plus, car nous estimons ici que l'utilité des quatre types de Confiance Spécifique est identique pour faire état de la confiance dans le bon déroulement de l'activité. Par contre, l'importance apparaît bel et bien. Elle permet de rendre compte de la nature subjective de la confiance et de personnaliser le calcul de Confiance Globale. Cette valeur d'importance est introduite par l'individu pour chacune des dimensions de la confiance.

Cette formule présentée ci-dessus peut faire l'objet de la généralisation suivante :

$$T(\alpha) = \frac{\sum_{i=1}^{N_x} T_{x_i}(\alpha) I_{x_i}(\alpha)}{\sum_{i=1}^{N_x} I_{x_i}(\alpha)}$$

Le Tableau 19 ci-dessous fournit la description des annotations.

Tableau 19. Calcul de la Confiance Globale (2) - Synthèse des annotations

Description	Représentation	Intervalle de valeur
Activité α	α	
Confiance globale dans la situation α	$T(\alpha)$	[-1, 1]
Nombre de types de Confiance Spécifique	N_x	[0, n] $x = tp, a, d, be$
Confiance Spécifique de type x dans la situation α	$T_{x_i}(\alpha)$	[-1, 1]
Importance dans le type x de Confiance Spécifique dans la situation α	$I_{x_i}(\alpha)$	[0,1]

5.2.2.3. Le calcul de la Confiance Spécifique

Le calcul de la Confiance Spécifique dans chacune des quatre dimensions de l'activité repose sur l'évaluation des critères identifiés dans le Tableau 16. Nous établissons qu'une « valeur numérique » peut être associée à la « valeur alphanumérique » du critère. Aussi, le critère peut être associé à une valeur égale à :

- « +1 », si sa valeur alphanumérique est considérée comme « positive » pour le bon déroulement de la tâche considérée.
- « 0 », si sa valeur alphanumérique est considérée comme « neutre » pour le bon déroulement de la tâche considérée.
- « -1 », si sa valeur alphanumérique est considérée comme « négative » pour le bon déroulement de la tâche considérée.

Par exemple, une tâche dont l'état serait « *En retard* » (valeur alphanumérique) se verrait affecter une valeur égale à « -1 » (valeur numérique) pour le critère « *Etat de la tâche* ». Si cette tâche était « *En cours* » (c'est-à-dire que la tâche respecte le planning établi), la valeur numérique du critère « *Etat de la tâche* » serait égale à « +1 ». Si aucune information n'était disponible pour le critère, il serait associé à la valeur numérique « 0 ».

Chacun des quatre types de Confiance Spécifique dans un contexte α donné ($T_{tp}(\alpha), T_a(\alpha), T_{be}(\alpha), T_d(\alpha)$) peut être évalué sur base de la formule suivante :

$$T_x(\alpha) = \sum_{i=1}^{n_x} NV(C_{x_i})_{\alpha} * \gamma(C_{x_i})$$

$$C_x = \{C_{x_i}\} \quad x \in \{tp, a, d, be\} \quad \text{et} \quad i \in [1, n_x]$$

$$NV(C_{x_i})_{\alpha} = 1 \quad \text{si} \quad V(C_{x_i})_{\alpha} \in V^+(C_{x_i})$$

$$NV(C_{x_i})_{\alpha} = -1 \quad \text{si} \quad V(C_{x_i})_{\alpha} \in V^-(C_{x_i})$$

$$NV(C_{x_i})_{\alpha} = 0 \quad \text{si} \quad V(C_{x_i})_{\alpha} \in V^0(C_{x_i})$$

$$\gamma(C_{x_i}) = \frac{1}{n_x}$$

Le Tableau 20 ci-dessous fournit la description des annotations.

Tableau 20. Calcul de la Confiance Spécifique - Synthèse des annotations

Description	Représentation	Valeur
Ensemble des Critères pour la Confiance Spécifique de Type x	C_x	Alphanumérique
Type de Confiance Spécifique	x	tp ;a ;d ;be
Critère i pour la Confiance Spécifique de type x	C_{x_i}	0 ;1
Nombre de Critères pour le Type x de Confiance Spécifique	n_x	[0,n]
Ensemble des Valeurs du Critère i pour la Confiance Spécifique de Type x dans la situation α	$V(C_{x_i})_\alpha$	Alphanumérique
Ensemble des Valeurs Positives du Critère i pour la Confiance Spécifique de Type x	$V^+(C_{x_i})$	Alphanumérique
Ensemble des Valeurs Négatives du Critère i pour la Confiance Spécifique de Type x	$V^-(C_{x_i})$	Alphanumérique
Ensemble des Valeurs Nulles du Critère i pour la Confiance Spécifique de Type x	$V^0(C_{x_i})$	Alphanumérique
Valeur Numérique du Critère i pour la Confiance Spécifique de Type x dans la situation α	$NV(C_{x_i})_\alpha$	-1 ;0 ;-1
Valeur du Critère i pour la Confiance Spécifique de Type x dans la situation α	$V(C_{x_i})_\alpha$	Alphanumérique
Confiance Spécifique x dans la situation α	$T_x(\alpha)$	[-1,1]
Coefficient du Critère i pour la Confiance Spécifique de Type x	$\gamma(C_{x_i})$	[0,1]

En optant pour une moyenne simple pour le calcul de la confiance spécifique, nous formulons l'hypothèse que tous les critères disposent du même « poids ». Même si l'introduction d'un facteur de pondération permettrait d'affiner les valeurs résultantes, nous avons jugé qu'il était plus intéressant de limiter le paramétrage individuel dans un souci de réduire les données provenant de l'acteur pilote.

En l'état, cette formule ne suffit pas pour établir la Confiance Spécifique. Il nous faut encore établir des règles pour l'association d'une valeur numérique à chacun des critères. Le Tableau 21 établit pour chacun d'entre eux la règle correspondante.

Tableau 21. Règles pour l'association de valeur numérique aux critères de confiance

Confiance Spécifique dans la Progression de la Tâche		
Aspects de confiance	Critères	Règle
Progression	État de la tâche	Si l'état de la tâche considérée est « En retard », alors, la valeur du critère = -1, si aucune information n'est disponible pour ce critère, la valeur = 0, sinon, la valeur = 1.
	Criticité de la tâche	Si la tâche considérée est « Critique », alors, la valeur du critère = -1, si aucune information n'est disponible pour ce critère, la valeur = 0, sinon, la valeur = 1.
Exécution	Nombre de problèmes d'exécution urgents	Si au moins une remarque de priorité élevée ou un rappel est associé à la tâche considérée, alors, la valeur du critère = -1, si aucune information n'est disponible pour ce critère, la valeur = 0, sinon, la valeur = 1.
Environnement	Température prévue minimum	Si les prévisions météorologiques font état d'une température minimum $< 5^\circ\text{C}$ ou $> 34^\circ\text{C}$ et que la tâche considérée est intégrée dans le gros œuvre fermé, alors, la valeur du critère = -1, si aucune information n'est disponible pour ce critère, la valeur = 0, sinon, la valeur = 1.

Confiance Spécifique dans l'Acteur		
Aspects de confiance	Critères à évaluer	Règle
Compétence reconnue	Certification ISO / QUALIBAT	Si tous les intervenants chargés de la tâche considérée sont certifiés, alors, la valeur du critère = 1, si aucune information n'est disponible pour ce critère, la valeur = 0, sinon, la valeur = -1.
Performance	Cote globale d'évaluation de la performance	Si tous les intervenants chargés de la tâche considérée disposent d'une évaluation supérieure à 6/10, alors, la valeur du critère = 1, si aucune information n'est disponible pour ce critère, la valeur = 0, sinon, la valeur = -1.
Présence aux réunions de chantier	Taux de présence aux réunions	Si les intervenants chargés de la tâche considérée sont présents à au moins 75% des réunions auxquelles ils sont invités, alors, la valeur du critère = 1, si aucune information n'est disponible pour ce critère, la valeur = 0, sinon, la valeur = -1.
Confiance Spécifique dans l'Ouvrage		
Aspects de confiance	Critères à évaluer	Règle
Mise en oeuvre	Niveau de difficulté de mise en oeuvre	Si aucun des ouvrages résultant de la tâche considérée n'est identifié comme complexe à réaliser par le pilote, alors, la valeur du critère = 1, si aucune information n'est disponible pour ce critère, la valeur = 0, sinon, la valeur = -1.
Modification	Nombre de modifications	Si au moins une modification a été identifiée sur l'un des ouvrages résultant de la tâche considérée, la valeur du critère = -1, si aucune information n'est disponible pour ce critère, la valeur = 0, sinon, la valeur = 1.
Respect du budget	Similitude du budget par rapport aux prévisions	Si le budget total des ouvrages exécutés est égal ou inférieur à la valeur estimée a priori, la valeur du critère = 1, si aucune information n'est disponible pour ce critère, la valeur = 0, sinon, la valeur = -1.
Confiance Spécifique dans le Document		
Aspects de confiance	Critères à évaluer	Règle
Statut	État des documents	Si tous les documents nécessaires à l'exécution de la tâche considérée sont dans l'état « Bon pour exécution », alors, la valeur du critère = 1, si aucune information n'est disponible pour ce critère, la valeur = 0, sinon, la valeur = -1.
Actions	État des actions sur les documents	Si toutes les actions relatives aux documents nécessaires à l'exécution de la tâche considérée sont dans l'état « En cours » ou « Finalisée », la valeur du critère = 1, si aucune information n'est disponible pour ce critère, la valeur = 0, sinon, la valeur = -1.
	Nombre de réactions	S'il existe au moins une réaction sur un document nécessaire à l'exécution de la tâche considérée, la valeur du critère = -1, si aucune information n'est disponible pour ce critère, la valeur = 0, sinon, la valeur = 1.
Disponibilité sur le chantier	Téléchargement	Si tous les documents nécessaires à l'exécution de la tâche considérée ont fait l'objet d'un téléchargement par le chef de chantier, la valeur du critère = 1, si aucune information n'est disponible pour ce critère, la valeur = 0, sinon, la valeur = -1.

5.2.2.4. Application de la méthode de calcul de la confiance à un scénario

Afin d'illustrer plus concrètement notre approche mathématique de la confiance dans le bon déroulement de l'activité, nous suggérons de considérer le scénario suivant illustré par le Tableau 22 et la Figure 86. Ce scénario établit trois contextes qui permettront de considérer l'évolution de la confiance au cours de l'activité collective.

Au temps t de l'activité de chantier, nous considérons la tâche « Fondation massifs et fûts », nous pouvons identifier la situation suivante (voir Tableau 22, Contexte 1) :

- Concernant la *progression de la tâche* :
 - Cette tâche n'a pas encore débuté et fait l'objet de 3 jours de retard par rapport à ce qui avait été établi dans le planning prévisionnel.
 - Cette tâche n'est pas une tâche critique.
 - Deux remarques de priorité élevée concernant cette tâche apparaissent dans le compte-rendu de chantier n°10.
 - Les prévisions météorologiques ne sont pas favorables à l'exécution de la tâche, par conséquent, le retard risque encore de s'étendre.
- Concernant l'*acteur* chargé de l'exécution de la tâche :
 - L'entreprise de construction « *Durant et fils* » en charge de l'exécution de la tâche est certifiée Qualibat, code 2112 (Maçonnerie (technicité confirmée) et béton armé courant)¹¹³.
 - Cette entreprise s'est montrée très efficace sur les projets antérieurs, ce qui lui vaut une très bonne cote de performance (9/10).
 - Par ailleurs, elle assiste régulièrement aux réunions de chantier.
- Concernant l'ouvrage résultant de la tâche :
 - L'exécution de cet ouvrage ne comporte pas de difficulté particulière.
 - L'ouvrage a fait l'objet d'une modification. La démolition retardée de l'ouvrage existant a entraîné un phasage différent des nouvelles fondations (début file 5 en lieu et place de la file 1).
 - Le coût de réalisation de l'ouvrage reste inchangé par rapport aux prévisions initiales.
- Concernant les documents nécessaires à l'exécution de la tâche :
 - Quatre documents sont nécessaires à l'exécution de cette tâche. Deux ne sont pas encore validés.
 - Une demande de validation est en retard.
 - Une réaction a été introduite pour un des deux documents. L'ingénieur souhaite que le nouveau phasage apparaisse sur le plan d'exécution.
 - Au vu de la situation, nous ne pouvons que constater que les plans d'exécution ne sont pas tous disponibles sur le chantier.

Au temps $t+1$, quelques changements relatifs à la tâche « Fondation massifs et fûts » surviennent (voir Tableau 22, Contexte 2) :

- Concernant la *progression de la tâche* :
 - La tâche débute avec un retard de six jours. L'entreprise a toutefois décidé de renforcer l'équipe afin de rattraper le retard.
 - Les deux remarques du compte-rendu n°10 ont été résolues.
 - Le temps s'est rétabli et il est devenu favorable à l'exécution de la tâche.
- Concernant l'*acteur* chargé de l'exécution de la tâche :

¹¹³ Pour le détail de la qualification Qualibat, voir <http://www.qualibat.fr> ou Qualibat. (2007). "Qualification des entreprises de construction, Nomenclature, Référentiel", Ed. Monaco, Testa.

- La situation reste inchangée.
- Concernant l'ouvrage résultant de la tâche :
 - La situation reste inchangée.
- Concernant les documents nécessaires à l'exécution de la tâche :
 - Tous les documents sont validés.
 - Toutes les actions sont clôturées.
 - La réaction a été traitée.
 - Tous les documents sont dorénavant disponibles sur le chantier.

Tableau 22. Trois contextes de l'activité collective

Calcul de la Confiance Spécifique	Contexte 1		Contexte 2		Contexte 3	
Confiance Spécifique dans la Progression de la Tâche $T_{ip}(\alpha)$						
Critères	VA	VN	VA	VN	VA	VN
État de la tâche	En retard	-1	En retard	-1	En cours	+1
Criticité de la tâche	Non	+1	Non	+1	Non	+1
Nombre de problèmes d'exécution urgents	2	-1	0	+1	0	+1
Température prévue minimum	-7°C	-1	5°C	+1	6°C	+1
$T_{ip}(\alpha) =$	-0,50		0,50		1,00	
Confiance Spécifique dans l'Acteur $T_a(\alpha)$						
Critères	VA	VN	VA	VN	VA	VN
Certification ISO / QUALIBAT	Oui	+1	Oui	+1	Oui	+1
Cote globale d'évaluation de la performance	9	+1	9	+1	9	+1
Taux de présence aux réunions	90%	+1	90%	+1	90%	+1
$T_a(\alpha) =$	1,00		1,00		1,00	
Confiance Spécifique dans l'Ouvrage $T_{be}(\alpha)$						
Critères	VA	VN	VA	VN	VA	VN
Niveau de difficulté de mise en oeuvre	Faible	+1	Faible	+1	Faible	+1
Nombre de modifications	1	-1	1	-1	1	-1
Similitude du budget par rapport aux prévisions	Oui	+1	Oui	+1	Oui	+1
$T_{be}(\alpha) =$	0,33		0,33		0,33	
Confiance Spécifique dans le Document $T_d(\alpha)$						
Critères	VA	VN	VA	VN	VA	VN
État des documents	Non	-1	Non	+1	Oui	+1
État des actions sur les documents	Non	-1	Oui	+1	Oui	+1
Nombre de réactions	1	-1	0	+1	0	+1
Téléchargement	Non	-1	Non	+1	Oui	+1
$T_d(\alpha) =$	-1,00		1,00		1,00	

Calcul de la Confiance Globale	Contexte 1	Contexte 2	Contexte 3
Confiance Globale			
Importance			
$I_{ip}(\alpha) = 1$			
$I_a(\alpha) = 0,75$			
$I_{be}(\alpha) = 0,75$			
$I_d(\alpha) = 1$			
	-0,14	0,71	0,86

Au temps $t+2$, un nouveau changement relatif à la tâche « Fondation massifs et fûts » apparaît (voir Tableau 22, Contexte 3) :

- Concernant la *progression de la tâche* :
 - L'entreprise a rattrapé son retard en augmentant la force de travail.

- Concernant l'acteur chargé de l'exécution de la tâche :
 - o La situation reste inchangée.
- Concernant l'ouvrage résultant de la tâche :
 - o La situation reste inchangée.
- Concernant les documents nécessaires à l'exécution de la tâche :
 - o La situation reste inchangée.

La Figure 86 ci-dessous illustre l'évolution de l'indicateur de Confiance Globale et des indicateurs de Confiance Spécifique en fonction de l'état du contexte.

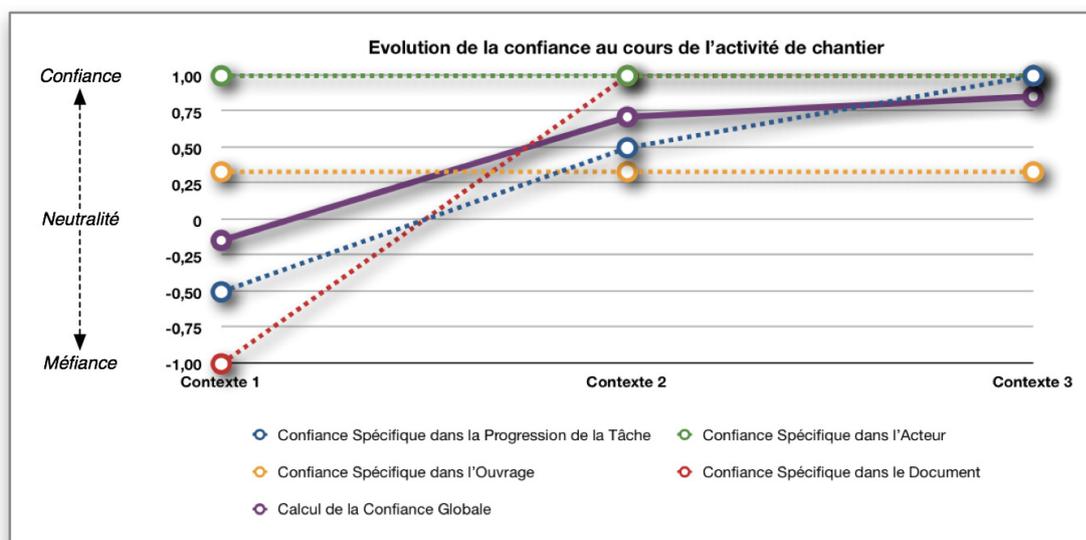


Figure 86. Évolution de la confiance en fonction du contexte de l'activité collective

5.2.3. Perspectives du modèle mathématique de calcul de la confiance

Le modèle mathématique établi pour évaluer la confiance dans le bon déroulement de l'activité tel que décrit dans les sections ci-dessus sera exploité dans les travaux ultérieurs. Bien stabilisé à ce stade de notre travail de recherche, nous envisageons quelques perspectives pour ce modèle mathématique. Nous décrirons, dans cette section, deux perspectives particulières, l'une traitant de la détermination des facteurs d'importance selon la configuration organisationnelle, l'autre, concernant la complétude de l'information.

5.2.3.1. Détermination des facteurs d'importance selon la configuration contractuelle

Comme nous l'avons vu section 1.4.2, la mission de coordination et de pilotage peut être menée par différentes catégories d'acteurs. (Armand 2003) identifie quatre configurations distinctes d'affectation de la mission OPC. Celle-ci peut être assurée par :

- Un acteur indépendant et spécialisé lié contractuellement au maître de l'ouvrage (Cas n°1).
- Le maître d'œuvre dans le cas d'une opération établie en lots séparés (Cas n°2).

- L'entreprise générale dans le cas d'une configuration en marché unique (Cas n°3).
- Une entreprise de construction dans le cas d'une configuration de marché passé à un groupement (Cas n°4).

Tableau 23. Configuration contractuelle et facteurs d'importance

Mission de coordination et pilotage	Importance Pro. Tâche	Importance Acteur	Importance Ouvrage	Importance Document
<p>Cas n°1 : <i>Acteur indépendant</i></p>	<p>Élevée $I_{tp}(\alpha) = 1$</p>	<p>Élevée $I_a(\alpha) = 1$</p>	<p>Élevée $I_{be}(\alpha) = 1$</p>	<p>Élevée $I_d(\alpha) = 1$</p>
<p>Cas n°2 : <i>Maître d'œuvre</i></p>	<p>Élevée $I_{tp}(\alpha) = 1$</p>	<p>Élevée $I_a(\alpha) = 1$</p>	<p>Élevée $I_{be}(\alpha) = 1$</p>	<p>Faible $I_d(\alpha) = 0,5$</p>
<p>Cas n°3 <i>Entreprise générale</i></p>	<p>Élevée $I_{tp}(\alpha) = 1$</p>	<p>Faible $I_a(\alpha) = 0,5$</p>	<p>Faible $I_{be}(\alpha) = 0,5$</p>	<p>Élevée $I_d(\alpha) = 1$</p>
<p>Cas n°4 <i>Entreprise du groupement</i></p>	<p>Élevée $I_{tp}(\alpha) = 1$</p>	<p>Faible $I_a(\alpha) = 0,5$</p>	<p>Élevée $I_{be}(\alpha) = 1$</p>	<p>Élevée $I_d(\alpha) = 1$</p>

Nous avons vu également que la Confiance Globale (voir section 5.2.2.2) était influencée par l'importance relative de quatre dimensions de l'activité collective (Tâche, Acteur, Ouvrage, Document).

Parmi les perspectives de notre modèle mathématique, nous suggérons que le facteur d'importance soit paramétré selon la configuration contractuelle (voir Tableau 23) :

- Dans le *cas n°1*, le coordinateur-pilote est indépendant. Aucune dimension de l'activité ne relève directement de sa production personnelle. Dès lors, nous considérons que la coordination portera indifféremment sur l'ensemble des dimensions et nous suggérons une valeur maximale pour les quatre facteurs d'importance.
- Dans le *cas n°2*, le coordinateur-pilote est un acteur de la maîtrise d'œuvre. Aussi, la dimension « Document » relève de sa responsabilité. Son point de vue peut donc être réorienté afin de se concentrer sur les éléments dont il n'a pas la charge. Nous précisons que l'intérêt réside dans la perception de l'activité d'autrui. Nous suggérons ici une importance faible pour la dimension « Document ».
- Dans le *cas n°3*, le coordinateur-pilote est un acteur de l'entreprise générale. Cette dernière a la responsabilité de l'ensemble de la réalisation de l'ouvrage et s'entoure des éventuels sous-traitants qu'elle a pu choisir. Dans une telle situation, le coordinateur-pilote bénéficie d'un point de vue privilégié sur les acteurs et sur les ouvrages, c'est pourquoi ces deux dimensions apparaissent avoir une importance moindre.
- Dans le *cas n°4*, le coordinateur-pilote est une entreprise de construction au sein d'un groupement établi pour la durée de l'opération. La dimension « Acteur » apparaît moins importante car le groupement est issu d'un choix émanant des parties, chacune d'entre elles apportant des garanties quant à ses compétences. Par contre, la dimension « Ouvrage » reste élevée, car l'entreprise chargée de la coordination n'a la charge que d'une partie de l'ouvrage et par conséquent, son point de vue doit couvrir les ouvrages dont elle n'a pas la responsabilité de l'exécution.

5.2.3.2. Un indice de complétude

Cette seconde perspective part du constat suivant : les données requises pour le calcul de la Confiance Spécifique ne sont pas toujours disponibles. Dans notre approche et dans une telle situation, nous associons une valeur neutre (=0) au critère concerné. Nous estimons que la confiance dans ce critère est neutre car rien ne nous permet d'affirmer que nous pouvons avoir confiance ou non dans ce critère. Or, se pose ici la question de la relation entre la neutralité des informations et de l'absence d'information. Aussi, cette question nécessite d'être approfondie.

Nous envisageons comme perspective à notre modèle mathématique de compléter notre indicateur de confiance globale par un second indicateur de « complétude » qui permettrait d'identifier le volume d'information disponible pour le calcul de l'indicateur de confiance. La lecture de ces deux valeurs permettrait de renforcer l'interprétation du coordinateur-pilote et d'attirer l'attention du coordinateur sur le fait qu'un indicateur de confiance donné gagne en pertinence lorsque nous disposons d'un maximum d'informations sur les critères nécessaires à son évaluation.

5.3. Synthèse

Dans ce chapitre, nous avons appliqué une méthode afin d'établir une mesure de la confiance dans le bon déroulement de l'activité. Sur base des connaissances relatives au contexte de coopération, nous avons identifié les divers aspects sur lesquels repose la confiance (environnement, compétence reconnue, etc.) et ensuite, nous avons établi, pour chacun d'entre eux, des critères mesurables trouvant leur source dans le contexte de coopération (voir Tableau 16). Ces critères ont fait l'objet d'une étude auprès des professionnels, ce qui constitue une première phase de validation et permet de stabiliser nos premiers résultats.

Enfin, nous avons établi notre modèle mathématique de la confiance sur base duquel nous pourrions implémenter notre outil.

Nous retiendrons que la liste de critères identifiés, bien que suffisante à nos yeux pour évaluer la Confiance Globale et la Confiance Spécifique, n'est pas à considérer comme exhaustive. Par ailleurs, le modèle mathématique que nous avons établi est issu d'une réflexion où prédominent la volonté de restreindre le paramétrage individuel dans l'optique de limiter les données provenant de l'acteur pilote, ainsi que la volonté de proposer un modèle qui puisse être évolutif. En effet, le modèle mathématique que nous suggérons peut facilement intégrer de nouveaux critères de confiance. Par ailleurs, ce modèle est sans doute suffisamment générique pour être appliqué sans trop d'effort à un autre domaine d'application, seule devrait être menée une étude sur les aspects et les critères de confiance (étapes 1 à 3).

Dans la suite de ce travail, nous suggérons d'appliquer notre modèle mathématique de calcul de la confiance dans le bon déroulement de l'activité à un outil de tableau de bord destiné à assister la mission de coordination et de pilotage dont l'intérêt serait de considérer la perception de l'état de l'activité sous le regard des indicateurs de confiance. Nous considérerons le modèle mathématique sous sa forme stable et basique, les perspectives ébauchées section 5.2.3 ne seront pas appliquées dans cette première version de notre prototype.

CHAPITRE 6. La proposition d'un tableau de bord pour une gestion de l'activité de chantier par la confiance

Le tableau de bord, largement présent dans le monde de l'entreprise industrielle pour mesurer la performance et assister la prise de décision, apparaît progressivement dans le secteur de la construction. Dans la section consacrée aux outils AIC émergents, nous avons d'ailleurs présenté la solution de l'éditeur Primavera qui propose un tableau de bord pour le coordinateur-pilote (voir section 3.2.2.4). Bien que s'inspirant de ces outils émergents, notre approche se distingue par le fait qu'elle se focalise sur le concept de la *confiance*. En effet, nous avons établi qu'elle joue un rôle décisif dans la prise de décision et qu'elle conditionne l'action sur le contexte de coopération. Notre hypothèse suggère que la représentation de la confiance dans les quatre dimensions de l'activité (progression de la tâche, acteur, ouvrage et document) assure au coordinateur-pilote une perception globale de son état, laquelle lui permet d'ajuster son action.



Figure 87. Cinquième étape : Implémenter la confiance dans un outil

Jusqu'ici, les premiers résultats se concrétisent par deux outils développés dans le cadre du projet de recherche Build-IT, l'un destiné à la gestion des comptes-rendus de chantier et l'autre, à supporter l'échange des documents. Ces deux prototypes assurent la description de l'activité collective (voir Chapitre 4). En outre, nous avons abouti à la définition d'une méthode de calcul de la confiance dans le bon déroulement de l'activité (voir Chapitre 5). Nous pouvons maintenant nous concentrer sur la cinquième étape de notre processus (voir Figure 87). Les

résultats obtenus jusqu'à présent constituent les fondations sur lesquelles reposera notre proposition de tableau de bord pour une gestion de l'activité par la confiance.

Dans cette section, nous commencerons par traiter des aspects théoriques du tableau de bord. Puis, nous présenterons notre outil prototype « Bat'iTrust » et nous aborderons les travaux antérieurs sur lesquels il repose. Nous étudierons également les aspects relatifs aux fonctionnalités, à la modélisation et à l'implémentation.

6.1. Une approche théorique du tableau de bord

Dans cette première section, nous commencerons par traiter du tableau de bord d'un point de vue théorique. Nous déterminerons ses objectifs et la manière dont il est structuré. Ensuite, nous aborderons les particularités d'un tableau de bord destiné au pilote de chantier.

6.1.1. Le tableau de bord, un outil d'aide à la décision

Dans de nombreux domaines d'activité, le tableau de bord supporte traditionnellement la stratégie d'une entreprise et constitue un « *instrument de mesure de la performance nécessaire pour la prise de décision de tous les acteurs de l'entreprise* » (Fernandez 2005), p. 4. Cet outil est destiné aux décideurs de l'entreprise, qui ne sont pas systématiquement présents sur le terrain, et qui sont amenés à réagir en fonction des divers événements y survenant. Aussi, le tableau de bord leur fournit une mesure fiable de l'état de la situation afin de supporter le pilotage de l'activité et la prise de décision.

Pour ce faire, le tableau de bord doit répondre aux exigences suivantes (Fernandez 2005), p. 252 :

- ***Fournir une vision cohérente par rapport aux objectifs fixés.***
Le tableau de bord constitue un outil médiateur entre l'utilisateur et l'activité à piloter. Il renvoie à une perception du contexte de l'activité à un moment donné. Il importe d'insister sur le fait que la cohérence qu'offre l'outil est « relative », car elle est fonction de l'utilisateur et de son point de vue sur l'activité.
- ***Mesurer la performance et permettre l'anticipation.***
Le tableau de bord fournit des informations quant à l'effort accompli, ainsi que des informations en tendance (effort à accomplir).
- ***Signaler les dysfonctionnements.***
Le tableau de bord se caractérise par son rôle de prévention. Tout dépassement d'un seuil fixé apparaît dans l'affichage.
- ***Simuler les décisions.***
Bien que rares soient les outils qui la permettent, la simulation des décisions par introduction des données spécifiques dans le système constitue un bon support à la prise de décision.

- **Constituer une référence partagée.**

Le tableau de bord joue un rôle essentiel dans la prise de décision, et à ce titre, il doit fédérer les décideurs autour d'une vision commune de la situation.

- **Faciliter les échanges.**

Le tableau de bord formalise la perception de l'état du contexte à un moment donné, et par la visualisation qu'il propose, il favorise l'échange entre les acteurs.

- **Être adapté à l'utilisateur.**

Le tableau de bord ne peut être considéré comme un outil généralisable en l'état à tous les utilisateurs. La visualisation qu'il propose doit être en adéquation avec le système à piloter et paramétrée en fonction de l'utilisateur et de son rôle.

6.1.2. La notion d'indicateur

Le tableau de bord fournit une représentation de l'état de l'activité au travers de divers indicateurs. Nous emprunterons la définition suivante pour décrire ce terme :

« *Un indicateur est une information ou un regroupement d'informations contribuant à l'appréciation d'une situation par le décideur.* » (Fernandez 2005), p. 260.

Le choix des indicateurs doit être fait judicieusement et ne doit faire apparaître que l'information essentielle. Si le nombre d'indicateurs doit être limité, c'est parce que des études ont démontré que l'homme ne peut percevoir qu'un nombre réduit d'informations (Miller 1956)¹¹⁴. En outre, ceux-ci doivent être pensés en fonction de l'usage qu'il sera fait de leur interprétation. Enfin, deux aspects caractérisent l'indicateur : l'information qu'il représente et la représentation elle-même. Nous pouvons les rapprocher des notions linguistiques de « *signifié* » et « *signifiant* » (termes introduits par Ferdinand de Saussure (Saussure 1915) pour qualifier la double nature du signe : le « *concept* » et l'« *image acoustique* »)¹¹⁵.

L'identification des indicateurs et la recherche d'une visualisation adaptée constitue une part importante dans la construction du tableau de bord. Il importe de prendre en compte les dimensions suivantes :

- L'information et sa nature,
- La représentation de l'information,
- L'adaptation de la représentation au destinataire,
- L'adaptation de la représentation à l'usage.

Ce dernier point est particulièrement important. En effet, l'activité de visualisation de l'information est largement simplifiée par une représentation adéquate des indicateurs. Aussi, le processus qui doit être mené relève de la transformation des données sous la forme

¹¹⁴ Cité dans Fernandez, A. (2005). "Les nouveaux tableaux de bord des managers. Le projet décisionnel dans sa totalité", Ed. Eyrolles, Editions d'Organisation. Paris.

¹¹⁵ Source : Dictionnaire International des Termes Littéraires, <http://www.ditl.info>.

d'illustrations picturales qui seront ensuite interprétées par l'acteur (Spence 2001) en vue d'une action.

Notre proposition relève de la confiance et de sa représentation au sein d'un outil de tableau de bord. Jusqu'ici, nous nous sommes concentrés sur la manière de calculer la valeur des indicateurs de confiance (voir section 5.2.2). Il s'agira dès lors, dans la suite de ce travail, de s'interroger sur la manière de présenter cette information au sein d'une interface utilisateur.

6.2. Bat'iTrust, un prototype de tableau de bord pour l'assistance à la coordination centré sur le concept de la confiance

Cette section s'attachera à introduire une nouvelle conception du pilotage de l'activité de construction supportée par un tableau de bord centré sur le concept de la confiance. Nous commencerons par replacer la confiance dans le contexte du pilotage de l'activité. Ensuite, nous présenterons les travaux antérieurs sur lesquels repose notre proposition. Enfin, nous présenterons le prototype Bat'iTrust, ses fonctionnalités, notre approche quant à la modélisation des données des vues qui le constituent, ainsi que les particularités de son implémentation.

6.2.1. La confiance au coeur du pilotage de l'activité de chantier

Nos travaux de recherche se concentrent sur l'activité du coordinateur-pilote en phase de chantier. Notre approche est radicalement différente, tant des solutions déjà existantes (ex. Primavera, voir section 3.2.2.4), que d'autres travaux menés antérieurement sur la question au sein de notre laboratoire (Belmeziti 2006). En effet, nous proposons de concentrer les indicateurs de notre tableau de bord sur la confiance. Précédemment (voir section 2.3.6.4), nous avons mis en évidence le rôle de la confiance afin d'effectuer une action adaptée sur le contexte de coopération. Aussi, nous suggérons qu'intégrer des indicateurs de confiance au sein d'un tableau de bord constituerait un bon support pour le pilotage de l'activité.

Par ailleurs, le Chapitre 5 s'est attaché à déterminer les divers critères et règles de calcul nécessaires à l'établissement des indicateurs que nous avons qualifiés de « *Confiance Globale* » et de « *Confiance Spécifique* » dans la « *progression de la tâche* », dans les « *acteurs* », dans les « *ouvrages* » et dans les « *documents* ». Ces cinq indicateurs permettent une perception de l'état du contexte à un moment donné au travers des quatre dimensions essentielles et constitutives de l'activité collective (voir section 2.5). Nous faisons l'hypothèse que la confiance dans le bon déroulement de la tâche et les indicateurs qu'elle génère permettrait au coordinateur-pilote d'identifier les dysfonctionnements survenant sur le chantier. Toutefois, si les indicateurs alertent sur une situation problématique, ils ne fournissent pas d'explication quant à la situation. Par conséquent, nous suggérons d'y associer un dispositif multi-vues permettant une perception du contexte en deux temps :

- 1) Identification des dysfonctionnements par consultation des indicateurs de confiance ;

- 2) Analyse de la situation par consultation des données nécessaires à la compréhension de la nature du problème.

Au terme de cette analyse, le coordinateur-pilote peut être en mesure de fournir une action adaptée sur le contexte de coopération.

6.2.2. Une proposition dans la lignée de Bat'iViews

Nos travaux s'inscrivent dans la continuité des travaux effectués sur la représentation multi-vues du contexte de coopération ayant mené au développement d'un prototype appelé « Bat'iViews » (Kubicki 2006a). Le constat à l'origine de ce dispositif est le suivant : il existe de nombreuses vues du contexte de coopération, attachées à des documents ou des outils (voir sections 1.2.2 et 3.2). Or, ces vues, considérées de manière indépendante les unes des autres, ne fournissent qu'une représentation limitée du contexte de coopération. Aussi, pour favoriser une compréhension globale, il est suggéré de « *mettre en évidence les relations entre les divers éléments de ce contexte* » (Kubicki 2006a), p. 299.

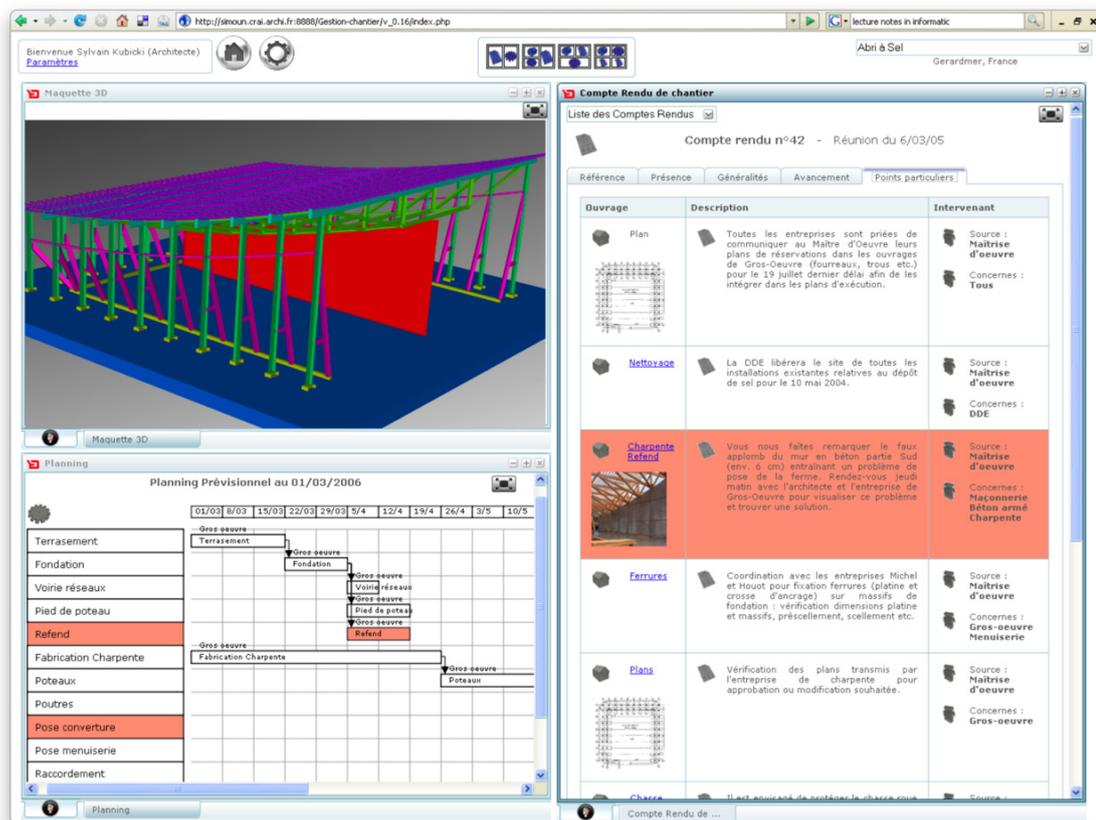


Figure 88. Vue de l'interface de Bat'iViews

Au sein d'une interface intégrée, ce prototype propose trois arrangements prédéfinis combinant quatre vues distinctes permettant d'assister la coordination de l'activité de chantier :

- Le premier arrangement est composé des vues « Compte-rendu » à gauche et « Planning » à droite ;

- Le second arrangement est composé des vues « Maquette 3D » en haut à gauche, « Compte-rendu » en haut à droite et « Planning » en bas (voir Figure 88) ;
- Le troisième arrangement est composé des vues « Maquette 3D » en haut à gauche, « Planning » en bas à droite et « Compte-rendu » à droite ;
- Le dernier arrangement est composé des vues « Maquette 3D » en haut à gauche, « Planning » en haut à droite, « Compte-rendu » en bas à gauche, et « Liste des points particuliers » en bas à droite.

L'interaction est générée par la sélection d'un élément au sein d'une des vues de l'arrangement et consiste à mettre en évidence les informations correspondantes dans les autres vues. Par exemple, la sélection d'une remarque dans le compte-rendu entraîne la mise en surbrillance de l'ouvrage associé dans la maquette 3D et de la tâche associée dans le planning (voir Figure 88). La navigation est qualifiée de « libre », chaque interaction établie dans une vue donnée permet de rafraîchir les autres sans logique préétablie. Ce prototype vise à assister l'ajustement mutuel dans les configurations adhocratiques de l'organisation (voir section 1.4). Plus précisément, ce type de navigation permet à l'utilisateur de mieux « contextualiser » l'information émanant de l'activité collective et du contexte de coopération par une mise en relation des concepts constitutifs des vues.

Nous suggérons, sur base de ce prototype, de servir la « supervision directe » (voir section 1.4.1.2) et l'activité du coordinateur-pilote lors de la phase de chantier. Nous pensons que la navigation libre à ses limites, en d'autres termes, elle provoque une surcharge cognitive. C'est pourquoi nous suggérons l'introduction d'un tableau de bord pour sensibiliser l'utilisateur aux points potentiellement critiques. Celui-ci consistera en la « vue maître » au sein de l'interface multi-vues. Enfin, nous centrons notre proposition sur des indicateurs de confiance comme éléments structurants de la navigation utilisateur.

6.2.3. Bat'iTrust, un outil d'assistance à la coordination centré sur la confiance

6.2.3.1. Les objectifs du prototype Bat'iTrust

Le prototype Bat'iTrust est destiné à supporter l'activité du coordinateur-pilote lors de la phase de chantier en préconisant une navigation orientée par la confiance. Aussi, il se concentre plus précisément sur la coordination de type « supervision directe » particulièrement présente dans ce type d'activité 1.4.2. Notre prototype est destiné à mettre en relation un « tableau de bord » (listant les tâches de construction et leurs divers indicateurs de confiance) et des arrangements de vues caractéristiques des quatre dimensions de l'activité (progression de la tâche, acteur, ouvrage et document). Chaque arrangement est composé des vues caractérisant au mieux chacune de ces dimensions de l'activité. Par exemple, la vue « planning » est une vue constitutive de l'arrangement dédié à la « progression de la tâche » car elle illustre le processus de construction. Dans le dispositif que nous proposons, le tableau de bord constitue la vue « maîtresse » et constante qui oriente la navigation de l'utilisateur. Il s'agit du point d'entrée de l'utilisateur. Les arrangements de vues, quant à eux, sont mis à jour selon le choix de dimension

qu'effectue l'utilisateur lorsqu'il sélectionne un indicateur de Confiance Spécifique donné. Ils permettent ainsi d'enrichir la compréhension des indicateurs de confiance.

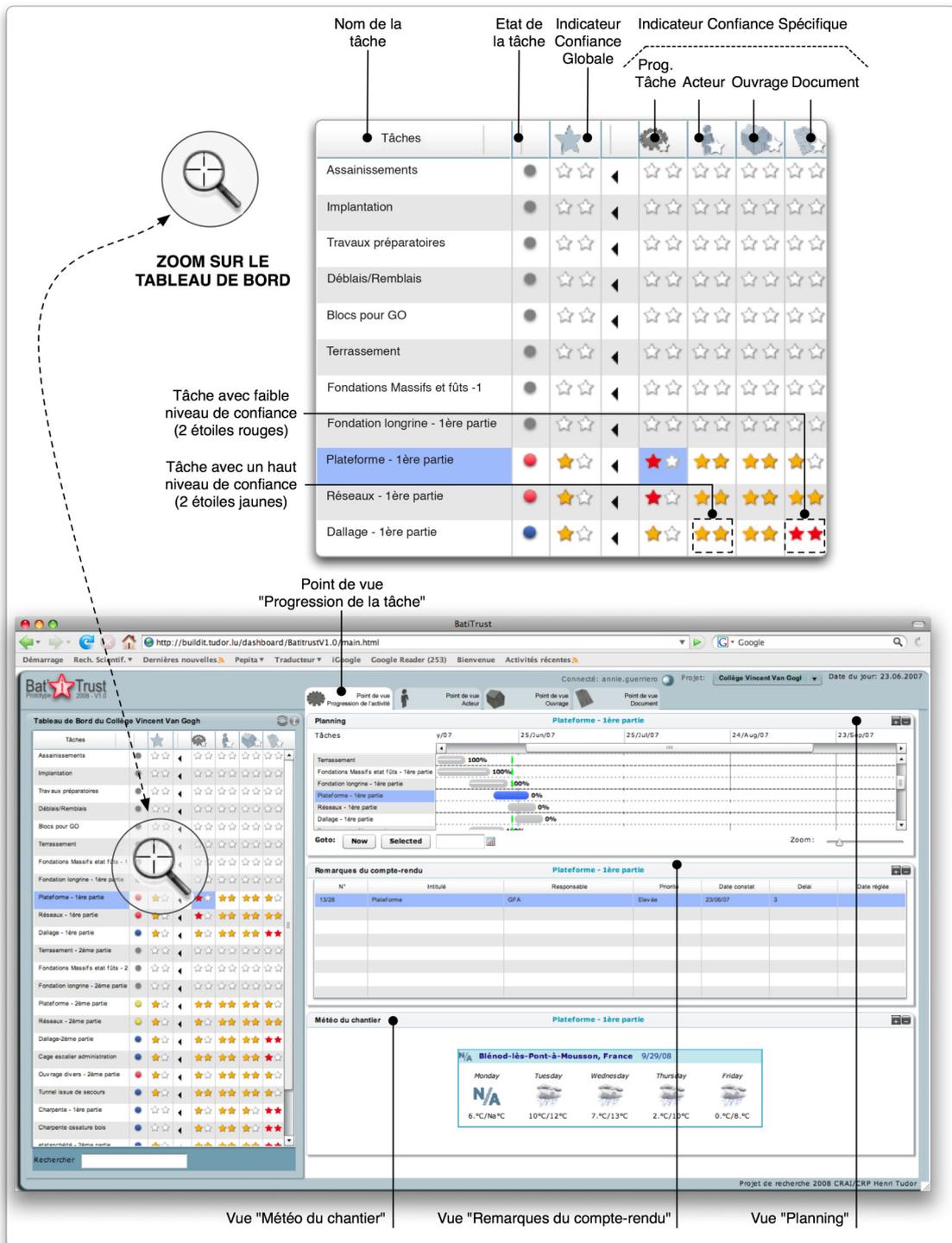


Figure 89. Vue détaillée du tableau de bord du prototype Bat'iTrust

Plus concrètement, le tableau de bord renseigne le coordinateur-pilote sur les potentiels dysfonctionnements grâce aux indicateurs de confiance. Ensuite, la sélection d'un indicateur spécifique renvoie à l'utilisateur un arrangement de vues constitué de manière à fournir l'information nécessaire à la compréhension de la nature du problème éventuellement détecté.

Par exemple, la sélection d'un indicateur de Confiance Spécifique dans la Progression de la Tâche renvoie à un arrangement constitué des vues « planning », « remarques du compte-rendu », et « météo du chantier », toutes trois permettant une interprétation de la valeur de l'indicateur (voir Figure 89).

Nous insistons sur le fait que l'ensemble du dispositif permet d'exploiter les contenus des vues manipulées couramment pour la coordination du chantier et d'en extraire des indicateurs sur base de la méthode définie dans le Chapitre 5. Le prototype que nous proposons est un outil de visualisation, il n'est en aucun cas destiné à l'édition des vues.

6.2.3.2. La représentation de la confiance au sein de Bat'iTrust

Afin de proposer une visualisation de la confiance, nous avons commencé par analyser les représentations existantes dans les interfaces e-commerce. En parallèle, nous avons investi les théories sur la visualisation de l'information. Nous nous sommes plus particulièrement intéressé aux travaux de J. Bertin (Bertin 1967) sur la sémiologie graphique dont les travaux aboutissent notamment à une matrice combinant les tâches communes dans la visualisation de l'information (ressemblance, différence, ordre, proportion) et les variables rétinienne (taille, valeur¹¹⁶, grain¹¹⁷, couleur, orientation, forme) (Spence 2001).

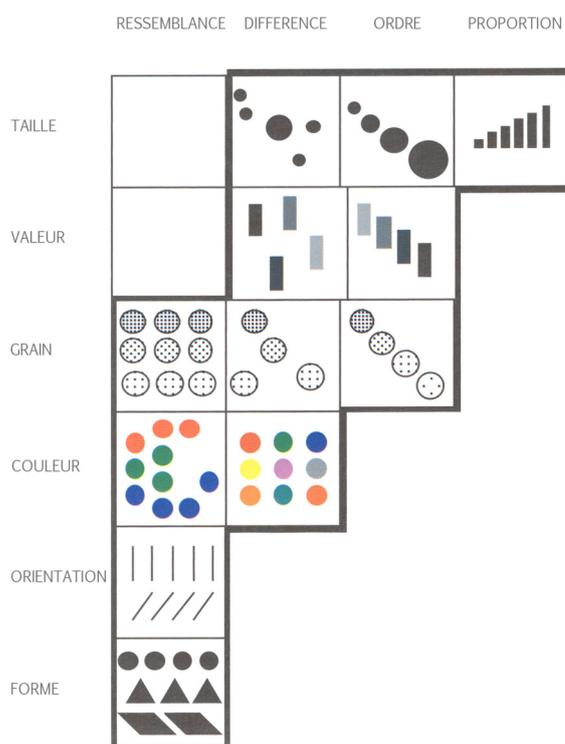


Figure 90. Grille de visualisation de l'information selon l'approche de J. Bertin¹¹⁸

Cette matrice (voir Figure 90) nous a permis de structurer notre réflexion sur la représentation de la confiance. Nous avons étudié les combinaisons à partir des critères de ressemblance, de

¹¹⁶ Il s'agit de la variation d'intensité lumineuse.

¹¹⁷ La notion de « grain » est à rapprocher de celle de texture.

¹¹⁸ Figure traduite et issue de Spence, R. (2001). "Information Visualization, Design for Interaction", Ed. Harlow, Pierson Education Limited.

proportion, de couleur, et de forme. Les principales contraintes à considérer étaient le peu d'espace disponible pour l'affichage de l'indicateur, ainsi que la présence des indicateurs côte à côte. Par ailleurs, nous avons cherché à proposer une représentation qui pouvait paraître familière à l'utilisateur.

Aussi, au terme de cette analyse, nous avons opté pour le symbole de l'étoile comme représentation de la confiance, symbole largement utilisé dans les interfaces e-commerce (ex. e-Bay, Amazon) pour représenter les résultats d'évaluation des utilisateurs. Les deux variables qui apparaissent le plus couramment dans les interfaces de ce type sont la couleur et le nombre d'étoiles. Aussi, nous choisissons de combiner ces deux variables afin de définir une échelle (voir Figure 91) pour laquelle nous associons une représentation graphique à la valeur numérique obtenue par le calcul des indicateurs de confiance défini dans la section 5.2.2.

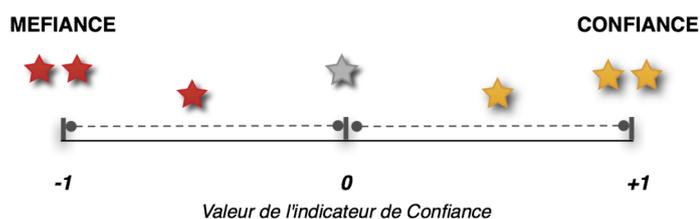


Figure 91. Échelle de représentation de la confiance

Nous optons pour une représentation identique de la Confiance Globale et des quatre types de Confiance Spécifique. Un niveau de méfiance maximum (valeur de l'IC = -1) est représenté par deux étoiles rouges. Un niveau de confiance maximum (valeur de l'IC = +1) est représenté par deux étoiles jaunes¹¹⁹. La valeur de confiance neutre (valeur de l'IC = 0) est représentée par une seule étoile grise. Les niveaux intermédiaires de méfiance (valeur de l'IC comprise dans l'intervalle]-1,0[) et de confiance (valeur de l'IC comprise dans l'intervalle]0,1[) sont respectivement représentés par une étoile rouge et une étoile jaune.

6.2.3.3. Le service logiciel Bat'iTrust et ses services métier

Le service logiciel Bat'iTrust est destiné à assister les pratiques de perception du contexte de coopération et plus spécifiquement de visualisation du niveau de confiance dans le bon déroulement de l'activité. Aussi, les services métier qu'il comporte sont relativement réduits et établis de manière à faciliter la consultation des contenus du tableau de bord et des quatre points de vue. Nous rappelons qu'il s'agit ici de visualiser les données consolidées du projet, et en aucun cas de les éditer. La Figure 92 illustre, au travers d'un cas d'utilisation (formalisme UML), les services métier de notre prototype.

La sélection d'un chantier permet d'accéder à la consultation de son tableau de bord. Le prototype propose un module de recherche des tâches au sein du tableau de bord. Dans la mesure où les tâches de construction peuvent être nombreuses, et d'autant plus que la taille du projet est grande, cette fonctionnalité permet de retrouver plus rapidement une tâche de construction donnée au sein de la liste des tâches du tableau de bord. La consultation des quatre

¹¹⁹ Nous n'avons pas choisi la couleur verte, bien qu'ayant généralement une connotation positive, l'étoile jaune apparaît plus courante dans les interfaces analysées.

points de vue proposés (Progression de la Tâche, Acteur, Ouvrage, Document) est largement facilitée par la possibilité de déplacer les contenus, de réduire les fenêtres, de les étendre ou encore de régénérer la configuration initiale.

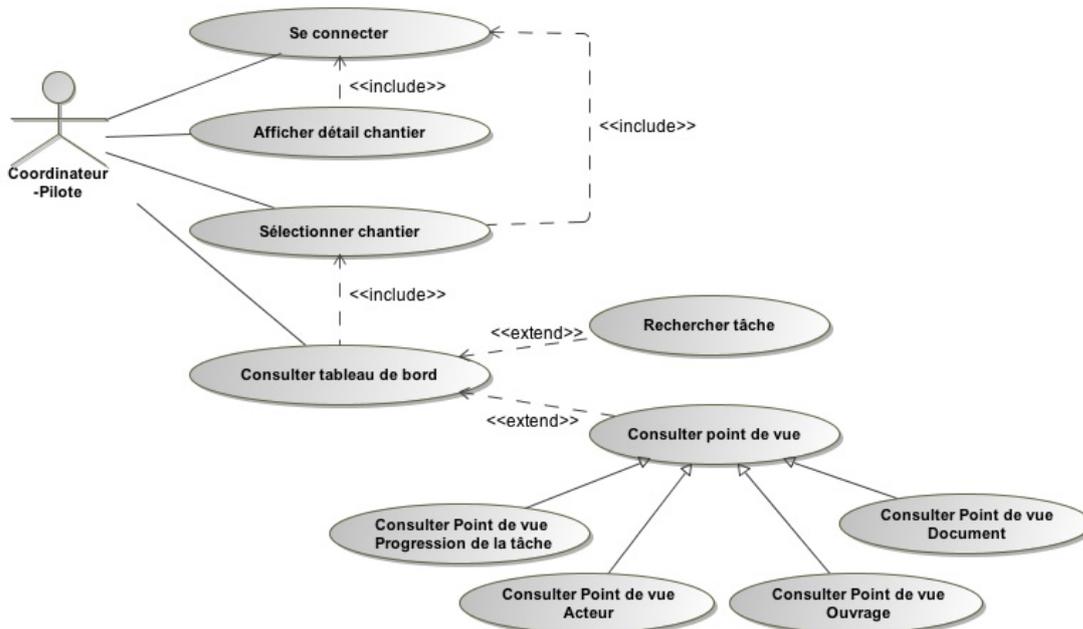


Figure 92. Description des services métier du prototype Bat'iTrust

6.2.3.4. La consultation des points de vue

Le prototype Bat'iTrust suggère quatre points de vue sur la tâche de construction considérée. Il s'agit d'arrangements de vues sélectionnées pour favoriser la compréhension de l'indicateur de Confiance Spécifique associé :

- Le point de vue « **Progression de la tâche** » (voir Figure 93) est lié à l'Indicateur de Confiance Spécifique dans la Progression de la tâche. Son arrangement est constitué de trois vues :
 - o La vue « *planning* » qui présente le planning du chantier et l'avancement des tâches de construction ;
 - o La vue « *remarques du compte-rendu* » qui liste tous les points particuliers identifiés lors des réunions de chantier et qui sont à traiter ;
 - o La vue « *météo du chantier* » qui présente les prévisions météorologiques pour le chantier.

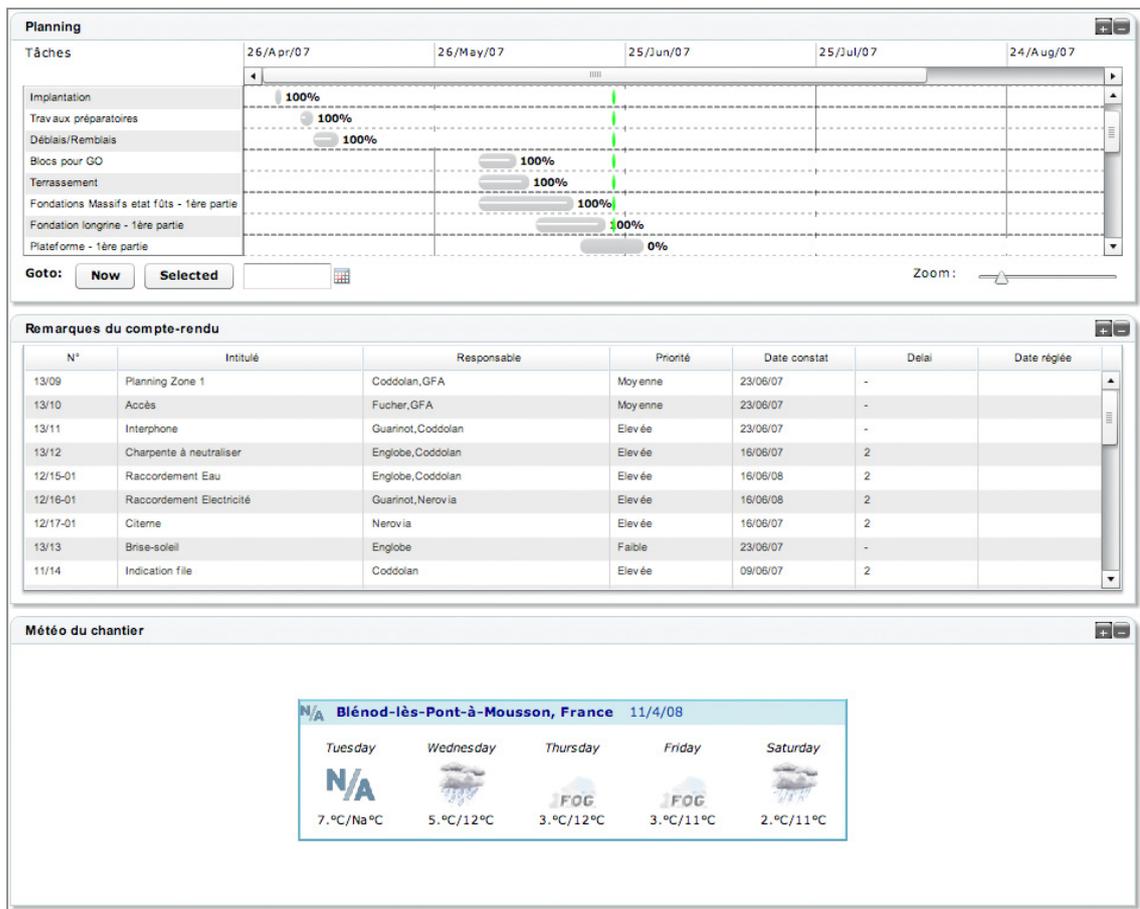


Figure 93. Point de vue « Progression de la tâche »

- Le point de vue « *Acteur* » (voir Figure 94) est lié à l'Indicateur de Confiance Spécifique dans l'Acteur. Son arrangement est constitué de deux vues :
 - o La vue « *évaluation* » qui présente les évaluations de la performance de l'acteur en charge de la tâche de construction considérée. Elle présente, tant les évaluations du chantier en cours, que celles qui ont été établies pour des opérations antérieures ;
 - o La vue « *Bat'Graph* » qui présente sous forme de graphe les relations entre les organismes, les lots et les tâches de construction qui leur sont affectés. Elle repose sur la réflexion menée dans le cadre de travaux antérieurs menés au sein du laboratoire CRAI (Hanser 2003).



Figure 94. Point de vue « Acteur »

- Le point de vue « **Ouvrage** » (voir Figure 95) est lié à l'Indicateur de Confiance Spécifique dans l'Ouvrage. Son arrangement est constitué de quatre vues (par défaut, seules trois vues sont affichées afin de faciliter la lecture des contenus) :
 - o La vue « *maquette numérique* » qui localise les ouvrages au sein du projet ;
 - o La vue « *suivi du budget* » qui présente l'état du budget par rapport aux prévisions initiales ;
 - o La vue « *liste des modifications* » qui répertorie les modifications établies sur les ouvrages par rapport à ce qui a été envisagé dans le CCTP¹²⁰ ;
 - o La vue « *description de l'ouvrage* » qui présente la section du CCTP spécifique à l'ouvrage considéré.

¹²⁰ Cahier des Clauses Techniques Particulières.

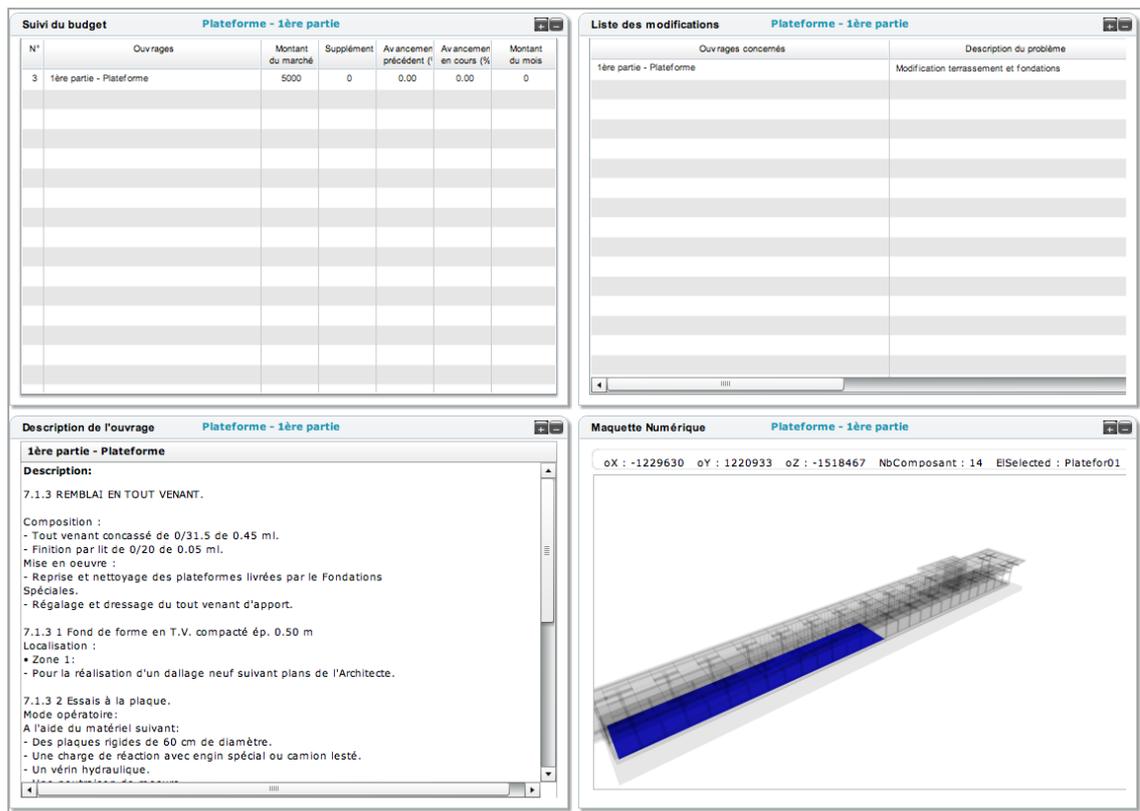


Figure 95. Point de vue « Ouvrage »

- Le point de vue « **Document** » (voir Figure 96) est lié à l'Indicateur de Confiance Spécifique dans le Document. Son arrangement est constitué de trois vues :
 - La vue « *gestion des plans* » qui liste les plans et leur état ;
 - La vue « *suivi des actions* » qui se focalise sur les actions (ou requêtes) à mener sur les plans du projet ;
 - La vue « *suivi des réactions* » qui rassemble les réactions sur les plans du projet.

Gestion des plans							
Terrassement							
Nom	Description	Emetteur	Date de dépôt	Etat	Exéc.	Info.	Valid.
PL_T_PDE_DE_SC_01_010_C.pdf	Zone 1 - Coffrage Fondations	ATM est	09/06/07	Bon pour exécution	●		
PL_T_PDE_DE_BW_01_011_C.pdf	Zone 1 - Ferrallage Fondations	ATM est	04/06/07	Bon pour exécution	●		
PL_T_PDE_DE_SC_02_020_C.pdf	Zone 1 - Repérage coffrage fondations	ATM est	10/06/07	Bon pour exécution	●		
PL_T_PDE_DE_BW_02_021_0.pdf	Zone 1 - Ferrallage Fondations	ATM est	10/06/08	Bon pour exécution	●		
PL_T_PDE_DE_00_01_201_A.pdf	Zone 1 Structure primaire Solivage	Englobe	09/06/07	En cours de validation			●
PL_T_PDE_SN_00_01_202_A.pdf	Zone 1 Elevations Coupes Plan charpente	Englobe	05/05/07	En cours de validation			●
PL_T_PDE_AN_00_01_204_B.pdf	Zone 1 Pignons est et ouest	Englobe	05/05/07	En cours de validation			●
PL_T_PDE_TO_00_02_301_A.pdf	Zone 1 Plancher et toiture	Englobe	09/06/07	En cours de validation			●

Suivi des Actions						
Terrassement						
Type	Nom Standard	Emetteur	Recepteur	Date due	Etat	Relance
Validation	PL_T_PDE_DE_00_01_201_A	Englobe	Courtignies,ATM est,Sotec	25/06/07	●	0
Validation	PL_T_PDE_SN_00_01_202_A	Englobe	Courtignies,ATM est,Sotec	19/05/07	●	3
Validation	PL_T_PDE_AN_00_01_204_B	Englobe	Courtignies,ATM est,Sotec	19/05/07	●	3
Validation	PL_T_PDE_TO_00_02_301_A	Englobe	Courtignies,ATM est,Sotec	25/06/07	●	0
Validation	PL_T_PDE_AN_00_02_302_A	Englobe	Courtignies,ATM est,Sotec	25/06/07	●	0
Validation	PL_T_PDE_SN_00_02_303_A	Englobe	Courtignies,ATM est,Sotec	25/06/07	●	0
Validation	PL_T_PDE_DE_00_02_304_A	Englobe	Courtignies,ATM est,Sotec	25/06/07	●	0
Validation	PL_T_PDE_DE_00_01_218_A	Englobe	Courtignies,ATM est,Sotec	25/06/07	●	0
Validation	PL_T_PDE_AN_00_01_010_A	Hans Teirak	Courtignies,ATM est,Sotec,Er	25/06/07	●	0

Suivi des réactions				
Terrassement				
Nom standard	Emetteur	Date due	Description	
PL_T_PDE_SN_00_01_202	Courtignies	12/05/07	Revoir le détail de jonction bois / béton.	
PL_T_PDE_TO_00_02_301	ATM est	14/05/07	Mettre à jour les documents selon les nouvelles contraintes de circulation	
PL_T_PDE_TO_00_02_301	Englobe	15/05/07	Modifications nécessaires selon les charges sur dallage (voir indication sur plan)	
PL_T_PDE_EG_SA_01_02	Sotec	25/06/07	Indiquer sur chacune des portes s'il s'agit de porte P.F. ou C.F.	
PL_T_PDE_EG_CH_02_10	Courtignies	05/05/07	Structurer les réservations selon les différentes zones.	
PL_T_PDE_EG_CH_02_10	ATM est	05/05/07	Structurer les réservations selon les différentes zones.	

Figure 96. Point de vue "Document"

6.2.3.5. La navigation au sein de Bat'iTrust

La navigation au sein du prototype Bat'iTrust est essentiellement guidée par la vue tableau de bord qui constitue la vue maîtresse, affichée de manière constante, et le point d'entrée principal pour l'utilisateur. Lors de la sélection d'un indicateur de Confiance Spécifique, le dispositif renvoie un arrangement de vues déterminé de manière à faciliter la compréhension du dysfonctionnement identifié. Par ailleurs, les données relatives à la tâche de construction considérée sont mises en évidence (ex. affichage sélectif, surbrillance) afin d'assister la consultation et l'analyse.

La Figure 97 illustre l'interaction par sélection de l'indicateur de Confiance Spécifique dans l'Ouvrage. Lorsque l'utilisateur sélectionne cet indicateur, Bat'iTrust fait apparaître le point de vue « Ouvrage » constitué des quatre vues suivantes :

- La vue « Maquette numérique » dans laquelle l'ouvrage correspondant à la tâche de construction considérée est mis en surbrillance ;
- La vue « Description de l'ouvrage » dans laquelle la partie du CCTP relative à l'ouvrage est affichée ;
- La vue « Suivi du budget » dans laquelle le suivi budgétaire de l'ouvrage est affiché ;
- La vue « Liste des modifications » qui est rétractée dans notre exemple, mais qui fait apparaître les modifications relatives à l'ouvrage.

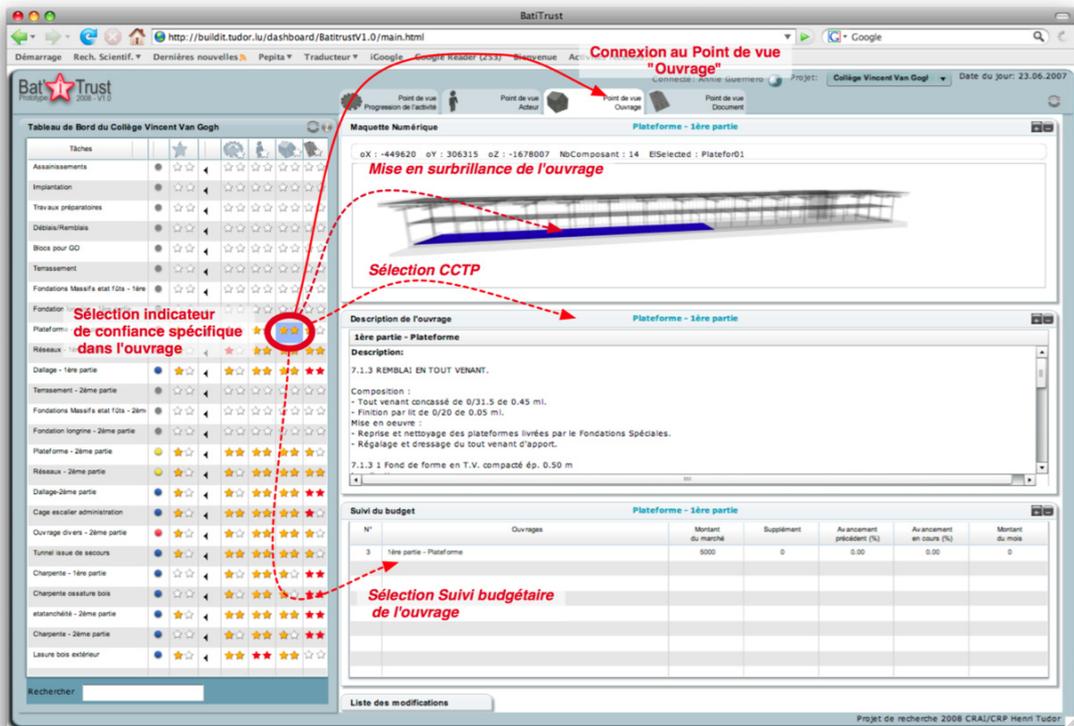


Figure 97. Navigation dans le prototype Bat'iTrust

Le Tableau 24 identifie pour chacune des quatre configurations proposées, les vues constitutives ainsi que les interactions.

Tableau 24. Tableau d'analyse des interactions

Point de vue	Vues	Interaction
Progression de la tâche	Planning	Mise en surbrillance de la tâche considérée au sein du planning
	Compte-rendu	Affichage des remarques associées à la tâche considérée
	Prévisions météorologiques	Affichage des prévisions météorologiques pour le chantier considéré (pas d'interaction)
Acteur	Évaluation de la performance	Affichage des données relatives à l'organisme responsable de l'exécution de la tâche considérée
	Bat'Graph	Affichage du graphe centré sur l'organisme responsable de l'exécution de la tâche considérée
Ouvrage	Maquette numérique	Mise en surbrillance du (ou des) ouvrage(s) résultant de l'exécution de la tâche considérée
	Liste des modifications	Affichage des modifications relatives à l'ouvrage (ou aux ouvrages) résultant de la tâche considérée
	Suivi du budget	Affichage des données budgétaires relatives à l'ouvrage (ou aux ouvrages) résultant de la tâche considérée
	Description de l'ouvrage	Affichage de la description du CCTP ¹²¹ du (ou des) ouvrage(s) résultant de l'exécution de la tâche considérée

¹²¹ CCTP : Cahier des Clauses Techniques Particulières.

Document	Gestion des plans	Affichage des plans nécessaires à l'exécution de la tâche considérée
	Suivi des actions	Affichage des actions (ou requêtes) relatives aux plans nécessaires à l'exécution de la tâche considérée
	Suivi des réactions	Affichage des réactions relatives aux plans nécessaires à l'exécution de la tâche considérée

6.2.4. La modélisation des vues constitutives du prototype Bat'iTrust

Le développement du prototype Bat'iTrust a été réalisé en collaboration avec des informaticiens (Beurné 2008). Nous avons opté pour la méthode de développement « Agile » (Abrahamsson et al. 2002) qui définit des bonnes pratiques de conception logicielle, et préconise notamment une coopération fine entre les développeurs et le demandeur, des itérations courtes de spécification/développement et des tests fonctionnels. Aussi, en tant qu'expert du domaine, notre rôle a principalement consisté à spécifier les besoins. Nous avons fourni pour chaque vue métier un modèle des données de la vue qui, dans un second temps, a été converti par nos collaborateurs informaticiens en document XML schema. Notre approche s'insère dans la démarche globale proposée dans les travaux antérieurs du laboratoire CRAI (Hanser 2003; Halin 2004a; Kubicki 2006a) qui reposent sur les principes de l'Ingénierie Dirigée par les Modèles, et qui ont abouti à une infrastructure de modèles présentée précédemment dans la section 3.1.2.2.

Cette section est consacrée à la présentation des modèles de vue établis. Nous commencerons par préciser l'intégration de notre travail dans l'infrastructure de modèles existante. Ensuite, nous traiterons des modèles de données établis pour le tableau de bord de confiance et pour la configuration « Progression de la tâche » afin de présenter notre méthode.

6.2.4.1. L'intégration des vues dans une infrastructure de modèles

L'ensemble du travail mené sur la modélisation des vues s'intègre dans l'infrastructure de modèles qui a été présentée dans la section 3.1.2.2 (voir Figure 98). Dans cette infrastructure, les vues et leurs modèles s'organisent autour du modèle du contexte de coopération et sont obtenus par des transformations de modèles. Bien que certains outils existent pour générer ces transformations (Bézivin et al. 2003), nous les avons établies manuellement car leur automatisation reste encore complexe.

Cette infrastructure de modèles nous a permis d'intégrer de nombreuses vues en fournissant le modèle des concepts de la vue (ex. évaluation, liste des modifications, etc.). Par ailleurs, l'interaction entre la vue « Tableau de bord » (vue maîtresse) est assurée par le modèle du contexte de coopération qui permet d'assurer la mise en relation des composants des différentes vues. Plus concrètement dans notre proposition, chacun des modèles de vue est caractérisé par un concept dominant. La mise en relation des vues est garantie par la relation du concept de « tâche » (concept dominant du tableau de bord) et du « concept dominant de la vue ». Prenons pour exemple l'interaction entre le « Tableau de bord » et la vue « Compte-rendu ».

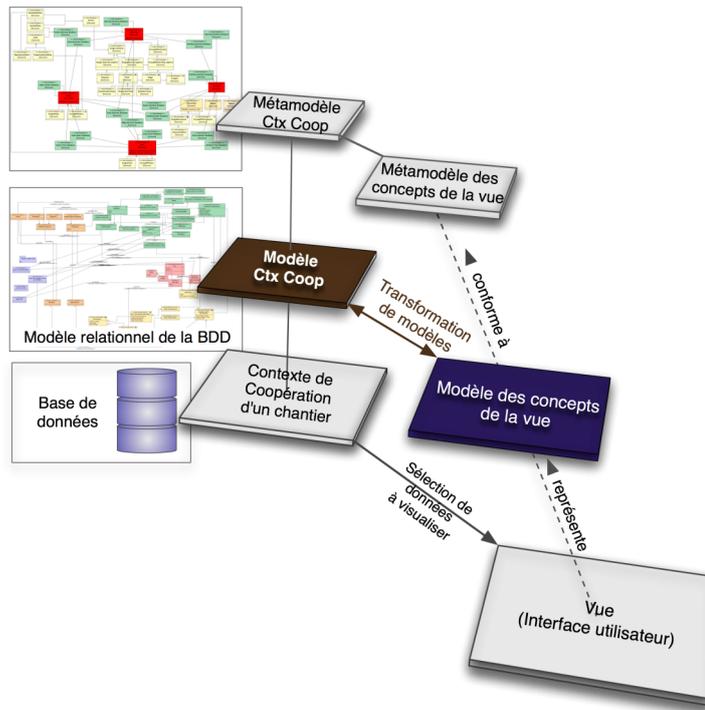


Figure 98. Principe d'intégration des vue dans l'infrastructure de modèle

Un fichier de relations xml (voir Figure 99) permet de définir la relation existant entre les concepts dominants des deux vues : la « tâche » (pour le tableau de bord) et la « remarque » (pour le compte-rendu).

Dans la première version de notre prototype, l'ensemble des données manipulées dans les vues de Bat'iTrust sont décrites dans des fichiers xml distincts qui ont été créés manuellement. Nous verrons plus loin (voir section 6.2.5) qu'une seconde version de notre prototype a été amorcée. Celle-ci suggère la génération automatique du contenu des vues par des services REST liés au contexte de coopération.

```

FichierRelations.xml
21
22 <typeRelations>
23   <typeRelation nom="TacheVersRemarque"
24     id="1" idType1="TypeTache" idType2="TypeRemarque" carMin="0" carMax="N"/>
25
26   <typeRelation nom="TacheVersOrganisme"
27     id="2" idType1="TypeTache" idType2="TypeOrganisme" carMin="0" carMax="N"/>
28
29   <typeRelation nom="TacheVersOuvrage"
30     id="3" idType1="TypeTache" idType2="TypeOuvrage" carMin="0" carMax="N"/>
31
32   <typeRelation nom="TacheVersDocument"
33     id="4" idType1="TypeTache" idType2="TypeDocument" carMin="0" carMax="N"/>
34
35   <typeRelation nom="TacheVersNode"
36     id="5" idType1="TypeTache" idType2="TypeNode" carMin="0" carMax="N"/>
37
38   <typeRelation nom="OrgVersChantier"
39     id="6" idType1="TypeOrg" idType2="TypeChantier" carMin="0" carMax="N"/>
40
41   <typeRelation nom="TacheVersElementMaquette"
42     id="18" idType1="TypeTache" idType2="TypeElementMaquette" carMin="1" carMax="N"/>
43
44 </typeRelations>
45
46
47 <relations>
48   <relation id1="Tach10" id2="Compt05" idTypeRelation="1"/>
49   <relation id1="Tach10" id2="Compt06" idTypeRelation="1"/>
50   <relation id1="Tach10" id2="Compt07" idTypeRelation="1"/>
51   <relation id1="Tach11" id2="Compt10" idTypeRelation="1"/>
52   <relation id1="Tach11" id2="Compt25" idTypeRelation="1"/>
53   <relation id1="Tach11" id2="Compt22" idTypeRelation="1"/>
54   <relation id1="Tach11" id2="Compt13" idTypeRelation="1"/>
55   <relation id1="Tach11" id2="Compt17" idTypeRelation="1"/>
56   <relation id1="Tach16" id2="Compt05" idTypeRelation="1"/>

```

Figure 99. Fichier de relations xml généré à partir du contexte de coopération

6.2.4.2. Le modèle des données de la vue « Tableau de bord »

La vue « Tableau de bord » (voir Figure 100) constitue la vue maîtresse dans notre prototype. Elle affiche les tâches de construction, leur état et leurs indicateurs de confiance.

Tâches		★	◀	⚙️	👤	🏠	📄		
Assainissements	●	☆☆	◀	☆☆	☆☆	☆☆	☆☆	☆☆	☆☆
Implantation	●	☆☆	◀	☆☆	☆☆	☆☆	☆☆	☆☆	☆☆
Travaux préparatoires	●	☆☆	◀	☆☆	☆☆	☆☆	☆☆	☆☆	☆☆
Déblais/Remblais	●	☆☆	◀	☆☆	☆☆	☆☆	☆☆	☆☆	☆☆
Blocs pour GO	●	☆☆	◀	☆☆	☆☆	☆☆	☆☆	☆☆	☆☆
Terrassement	●	☆☆	◀	☆☆	☆☆	☆☆	☆☆	☆☆	☆☆
Fondations Massifs et fûts - 1ère	●	☆☆	◀	☆☆	☆☆	☆☆	☆☆	☆☆	☆☆
Fondation longrine - 1ère partie	●	☆☆	◀	☆☆	☆☆	☆☆	☆☆	☆☆	☆☆
Plateforme - 1ère partie	●	★☆☆	◀	★☆☆	★★★	★★★	★★★	★★★	★★★
Réseaux - 1ère partie	●	★☆☆	◀	★☆☆	★★★	★★★	★★★	★★★	★★★
Dallage - 1ère partie	●	★☆☆	◀	★☆☆	★★★	★★★	★★★	★★★	★★★

Figure 100. Vue du tableau de bord

La Figure 101 présente le modèle des données de la vue. Au centre du modèle, nous trouvons les Indicateurs de Confiance (IC) :

- L' « IC Globale » (Indicateur de Confiance Globale) qui possède une valeur comprise entre -1 et +1.
- L' « IC Spécifique » (Indicateur de Confiance spécifique) dont la valeur est comprise entre -1 et +1 et dont l'importance est comprise entre 0 et +1 (voir méthode de calcul, section 5.2.2). Cette classe se spécialise en quatre types de confiance :
 - o L'Indicateur de Confiance Spécifique dans la Progression de la Tâche (ICS-PT),
 - o L'Indicateur de Confiance Spécifique dans l'Acteur (ICS-A),
 - o L'Indicateur de Confiance Spécifique dans l'Ouvrage (ICS-O),
 - o L'Indicateur de Confiance Spécifique dans le Document (ICS-D).

La valeur de l'Indicateur de Confiance Globale est issue de la valeur des quatre types de Confiance Spécifique. Enfin, chacune des cinq valeurs est associée à une tâche de construction donnée au sein du chantier considéré.

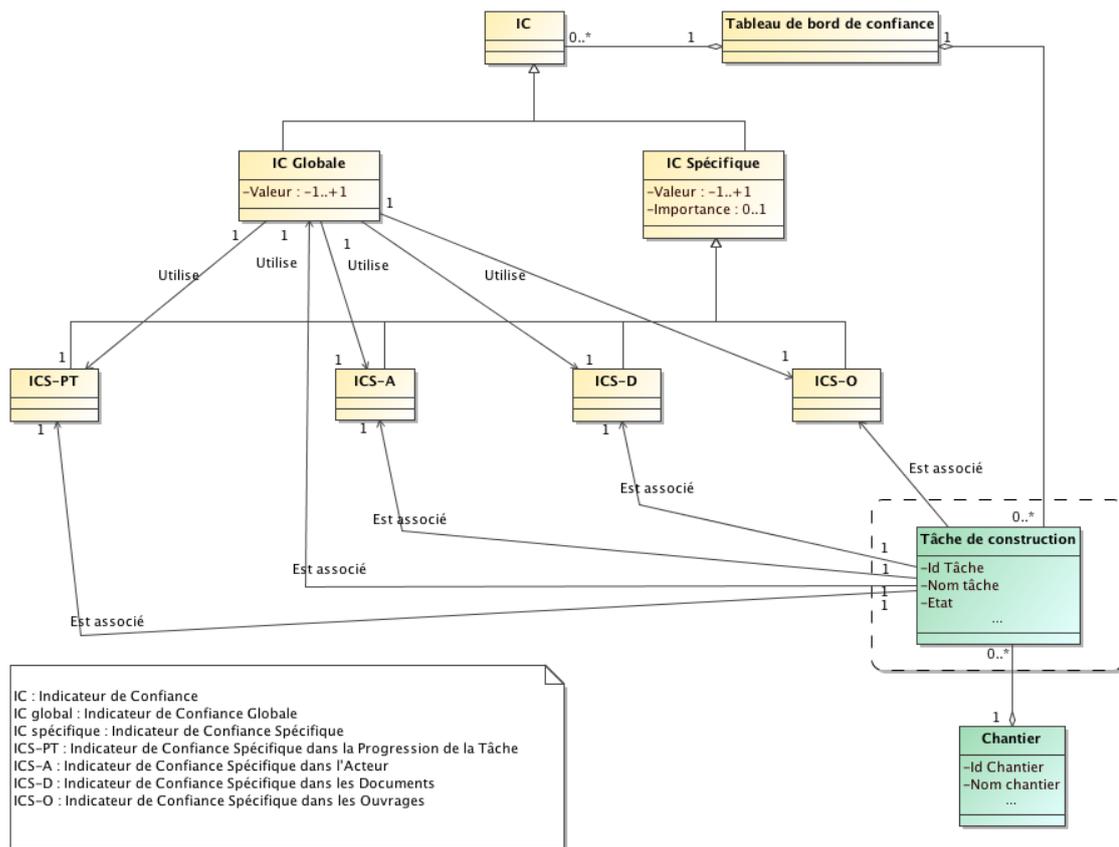


Figure 101. Modèle des données de la vue "Tableau de bord"

6.2.4.3. L'analyse détaillée de la configuration « Progression de la tâche »

La configuration « Progression de la tâche » suggère un arrangement de vues constitué du planning, des remarques issues des comptes-rendus, et de la météo du chantier (voir Figure 93, p.195).

1. Le modèle des données de la vue « Planning »

Le modèle des données de la vue « planning » (voir Figure 102) est centré autour du concept de « Tâche de construction » et de ses propriétés. Par ailleurs, chaque tâche est exécutée par un « Organisme ». Nous soulignons que le concept dominant est identique à celui de la vue « Tableau de bord ».

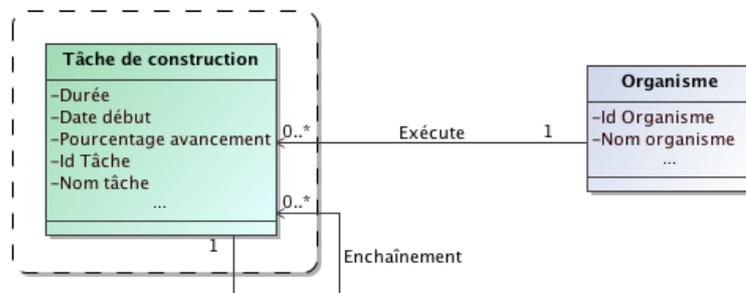


Figure 102. Modèle des données de la vue "Planning"

2. Le modèle des données de la vue « Remarques du compte-rendu »

Le modèle des données de la vue « Remarques du compte-rendu » (voir Figure 103) est centré autour du concept de « Remarque » et de ses propriétés. Chaque remarque peut être associée à un ou plusieurs « Responsable » et éventuellement, être agrémentée par une « Illustration ». Nous avons pris soin de marquer la relation « Remarque / Tâche de construction » qui concrétise la relation entre les concepts dominants de la vue « Remarques du compte-rendu » et de la vue « Tableau de bord ». Cette relation est essentielle pour supporter les interactions entre les deux vues. Elle est décrite dans le fichier xml de relations tel que nous l'avons présenté dans la section 6.2.4.1.

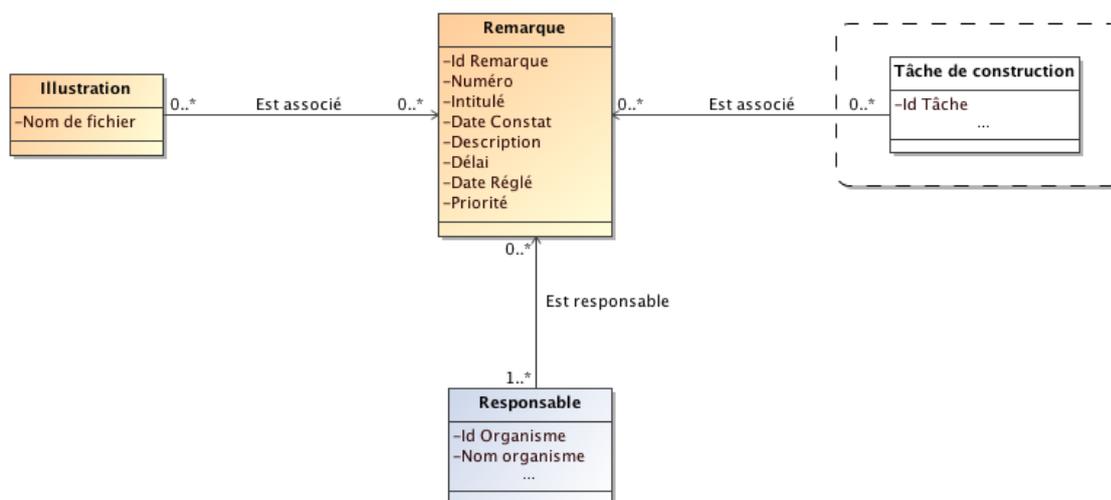


Figure 103. Modèle des données de la vue "Remarques du compte-rendu"

3. La vue « Météo du chantier »

La vue « Météo du chantier » affiche les prévisions météorologiques de la ville dans laquelle se déroule le chantier (voir Figure 104). Nous utilisons un service Web mis à disposition par weather.com. Le lieu du chantier permet d'obtenir les informations relatives aux prévisions météorologiques qui le concernent, ensuite le service Web renvoie les données xml¹²². Il s'agit ensuite d'analyser ces données xml et d'en afficher le contenu tel que l'illustre la Figure 93, p. 195 (affichage des prévisions à cinq jours).

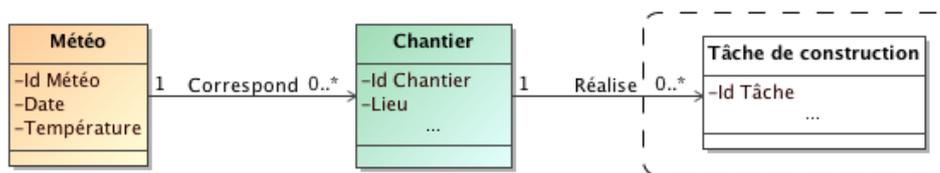


Figure 104. Modèle des données de la vue "Météo du chantier"

Nous ne développerons pas ici le contenu des autres configurations. En effet, la démarche reste similaire. Toutefois, les modèles de données des diverses vues peuvent être consultés en annexe (voir Annexes 5-6-7).

¹²² Nous soulignons le fait qu'il est nécessaire d'obtenir une licence d'utilisation gratuite.

6.2.5. L'implémentation du prototype

Le prototype Bat'iTrust consiste en une application riche (RIA – Rich Internet Application) et repose sur la technologie Flex d'Adobe. Il est exécuté sur un navigateur Web, et ne nécessite par conséquent aucune installation. Notre prototype repose sur une architecture MVC (Modèle, Vue, Contrôleur) permettant la distinction entre les trois parties constitutives de l'application :

- Le modèle de données (Modèle),
- La représentation des données dans l'interface utilisateur (Vue),
- Les interactions (Contrôleur).

Cette approche classique permet de distinguer clairement les données, leur représentation et l'interaction utilisateur. Elle s'adapte à notre besoin de traiter des données dynamiques issues de sources hétérogènes (documents, outils).

Dans notre première phase de développement (Bat'iTrust V1.0), les données utilisées par Bat'iTrust sont décrites dans des fichiers XML séparés qui sont créés manuellement.

Dans notre seconde phase de développement (Bat'iTrust V2.0), le contenu de certaines vues est généré de manière automatique par des Web services REST liés au contexte de coopération. Les deux services logiciels présentés dans le Chapitre 4 ont pour objet l'instrumentation du compte-rendu ainsi que l'établissement d'une plate-forme d'échange de documents. Ils nous permettent de construire le contexte de coopération. Néanmoins, ils ne permettent pas la description des tâches. Aussi, un nouveau service logiciel a été développé pour assister la saisie des tâches et de leurs propriétés. En l'état, nous ne disposons pas de l'ensemble de l'information nécessaire à la constitution des diverses vues présentes dans Bat'iTrust. Les informations relatives à la performance des acteurs, ou encore aux modifications effectuées sur les ouvrages, par exemple, ne sont pas disponibles. Toutefois, cette version nous permet de valider l'approche générale¹²³.

La Figure 105 illustre le principe d'interaction entre la vue « Tableau de bord » et la vue « Remarques du compte-rendu ».

Des services Web interrogent le système d'information du contexte de coopération afin d'alimenter le contenu des différentes vues de Bat'iTrust (par exemple, services Web pour la mesure des critères de confiance). Puis, la sélection d'un indicateur dans la vue « Tableau de bord » (vue 1) déclenche l'événement « Filtrer remarques » [1]. Ensuite, l'événement est appelé par le contrôleur [2]. Le contrôleur appelle alors la commande associée à l'événement [3]. La commande chargée d'effectuer la sélection des remarques dans la vue « Remarques du compte-rendu » (vue 2) établit la relation entre les concepts dominants des deux vues (le concept de « Tâche de construction » pour la vue « Tableau de bord » et le concept de « Remarque » pour la vue « Remarques du compte-rendu »), et ce, à l'aide du fichier de relations xml [4]. Enfin, le modèle de la vue est mis à jour et la vue 2 affiche la sélection des remarques correspondant à la tâche considérée dans la vue 1 [5].

¹²³ Nous verrons plus loin que la phase d'expérimentation s'est déroulée sur base de la première version de notre prototype car la version 2.0 n'était pas encore exploitable.

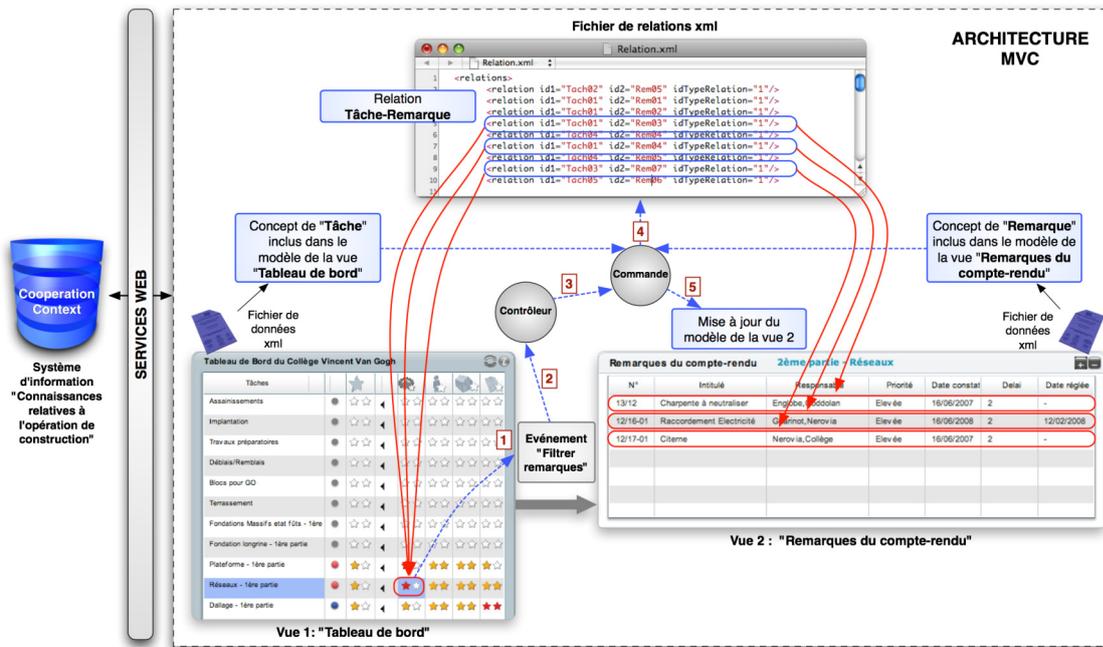


Figure 105. Interaction entre les vues dans le prototype Bat'iTrust

6.3. Synthèse

Dans cette section, nous avons présenté notre proposition d'un prototype de tableau de bord destiné à assister le pilotage de l'activité de construction par la confiance. Ce prototype, dénommé Bat'iTrust, assure au coordinateur-pilote la perception de l'état de l'activité par des indicateurs de confiance qui lui permettent, dans un premier temps, de déceler les éventuels dysfonctionnements sur le chantier. Dans un second temps, le coordinateur-pilote a la possibilité de consulter des configurations de vues adaptées à la compréhension du dysfonctionnement. En outre, la consultation de ces vues est largement facilitée par la mise en évidence de l'information correspondant à la tâche considérée.

Cette proposition dispose pour fondation de notre méthode de calcul des indicateurs de confiance présentée dans le Chapitre 5. Par ailleurs, elle se fonde également sur l'exploitation des données du contexte de coopération alimenté par les services logiciels CRTI-weB de compte-rendu et de gestion documentaire. Une couche de services assure l'interface entre le système d'information gérant le contexte de coopération et notre prototype qui extrait des données afin de calculer les indicateurs et d'alimenter les vues (voir Figure 106).

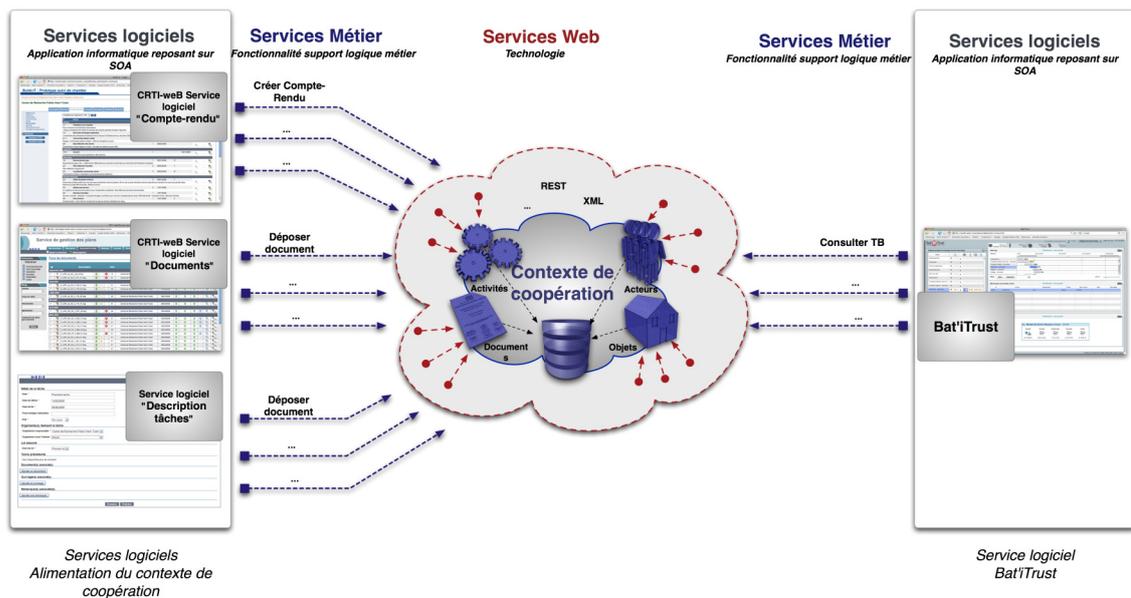


Figure 106. Infrastructure de services pour l'implémentation de Bat'iTrust

Naturellement, nous pouvons d'ores et déjà émettre quelques limites à notre proposition :

- Une première limite fait référence à l'exhaustivité du contexte de coopération et à l'étendue des services logiciels disponibles. Actuellement, notre solution ne peut disposer que des deux services logiciels CRTI-weB « Compte-rendu » et « Documents », ainsi que du nouveau service logiciel développé pour la saisie des informations relatives aux tâches. À ce stade de notre travail, les aspects concernant les acteurs et les ouvrages n'ont pas encore été réellement traités. Ils ne font pas l'objet de services logiciels et dès lors, nous ne disposons pas de l'ensemble des données nécessaires au calcul des indicateurs de confiance et à la constitution des vues intégrées dans Bat'iTrust. Cependant, l'approche par les modèles et la mise en place de services Web permettent d'envisager une interopérabilité avec d'autres systèmes d'information.
- Une seconde limite relève de l'authenticité des données du contexte de coopération. En effet, nous constatons que notre perception de l'état de l'activité est issue des données intégrées au sein du système d'information central. Si celles-ci s'avèrent inexactes, ou incomplètes (ex. pas de compte-rendu régulier, pas de mise à jour des documents sur la plate-forme), les indicateurs constitutifs de notre tableau de bord seront naturellement faussés. Par ailleurs, les vues relaieront également une information erronée.
- La dernière limite concerne l'automatisation des transformations de modèles pour la création des vues. Dans notre prototype, l'ensemble a été défini de manière manuelle. Bien que cette limite ait déjà été identifiée dans (Kubicki 2006a), elle constitue toujours un point ouvert dans notre travail, car les outils existants (ex. ATL) restent difficiles à intégrer dans ce type d'architecture.

CHAPITRE 7. La validation de la proposition

Nous allons maintenant nous intéresser à la validation du prototype dénommé Bat'iTrust largement décrit dans le chapitre précédent. Cet outil met en œuvre notre modèle mathématique de la confiance reposant sur les critères mesurables identifiés (voir section 5.1.2). Cette validation ne portera pas directement sur ce modèle mathématique pour lequel certains éléments de validation ont déjà été apportés (voir section 5.1.2 et Annexes 1-2), mais sur notre approche générale de la confiance pour l'assistance à la coordination.

Aussi, notre objectif est de confronter notre proposition à des professionnels du secteur de la construction en vue de démontrer l'intérêt de la confiance dans le bon déroulement de l'activité comme nouvelle approche de perception du contexte de coopération et comme support au pilotage de l'activité de chantier.

Dans ce chapitre, nous commencerons par préciser les objectifs visés lors de notre phase d'expérimentation, ainsi que le protocole qui a été mis en œuvre. Ensuite, nous présenterons les commentaires formulés par les sujets expérimentaux. Nous structurerons ces commentaires selon deux points de vue essentiels lorsque l'on considère l'appropriation d'outils innovants par des utilisateurs potentiels : l'« utilité » et l'« utilisabilité »¹²⁴ (Nielsen 1994). Nous soulignons que, bien que l'utilité soit la dimension qui nous intéresse le plus dans le cadre de notre validation « métier », nous avons estimé qu'il était intéressant de recueillir les impressions des utilisateurs sur les aspects ergonomiques de notre proposition afin de justifier les choix qui ont été les nôtres en matière de navigation et de visualisation de l'information. Ensuite, nous aborderons succinctement l'intégration des premiers retours utilisateurs au sein d'une seconde version de Bat'iTrust. Enfin, nous dresserons les limites ainsi que le bilan de cette phase d'expérimentation.

¹²⁴ L'« utilité » se focalise sur les aspects fonctionnels tandis que l'« utilisabilité » s'intéresse aux aspects ergonomiques.

7.1. Objectifs et méthode d'expérimentation

Cette section est destinée à préciser les objectifs de cette phase de validation, à décrire le protocole d'expérimentation que nous avons employé, et enfin, à décrire le profil de nos sujets expérimentaux.

7.1.1. Les objectifs

La phase d'expérimentation est destinée à confronter nos résultats à des professionnels du secteur de la construction afin de juger de l'intérêt de notre proposition dans la perception du contexte de coopération au travers des indicateurs de confiance pour assister la coordination et le pilotage de l'activité de construction. Plus précisément, elle vise à atteindre les trois objectifs suivants :

- Valider le potentiel de la représentation de la confiance pour l'assistance à la coordination du chantier.
- Valider l'intérêt de la navigation orientée par les indicateurs de confiance.
- Valider le contenu des configurations de vues pour l'analyse des dysfonctionnements survenus sur le chantier.

L'objectif premier de cette expérimentation est de valider les aspects fonctionnels évoqués ci-dessus. Toutefois, nous avons apporté un soin particulier à l'élaboration de l'interface, notamment au travers de la mise en œuvre d'une spécification par les modèles, et nous avons également souhaité évaluer la qualité ergonomique du prototype.

Cette phase d'expérimentation se concentre donc tant sur l'évaluation de l'utilité (aspects fonctionnels), que de l'utilisabilité (aspects ergonomiques) de notre prototype.

7.1.2. Le protocole d'expérimentation

Le protocole d'expérimentation s'articule autour d'un scénario largement basé sur les données du chantier du collège Vincent Van Gogh de Blénod-lès-Pont-à-Mousson (France)¹²⁵. Bien que ce scénario ne constitue pas une utilisation en situation réelle de chantier, il permet toutefois de confronter la proposition à des acteurs du domaine et d'en démontrer la pertinence (Halin et al. 2004b). Le scénario apparaît être une manière efficace de familiariser les professionnels du secteur avec des concepts IT et d'exprimer concrètement des technologies (Halin 2004b). D'ailleurs, si personnellement, nous avons fait ce choix, c'est parce que certaines limites s'opposent, dans ce cas présent, à une expérimentation en situation réelle comme nous l'avons

¹²⁵ Il s'agit de la reconstruction d'un collège conçu par l'agence d'architecture « Cartignies - Canonica » (Vosges) pour le compte du Conseil Général de Meurthe et Moselle (maître d'ouvrage public). Le chantier de ce projet, un bâtiment HQE (Haute Qualité Environnementale) entièrement en bois, s'est déroulé en 2005-2006. Les documents (comptes-rendus de chantier, liste des documents et photographies) ont été compilés par Sylvain Kubicki durant ses travaux de thèse. Nous avons exploité ces mêmes documents afin de construire notre scénario.

fait pour les outils développés dans le cadre du projet de recherche Build-IT (voir sections 4.2.4 et 4.3.4) :

- Tout d'abord, l'état d'avancement de Bat'iTrust ne permet pas de supporter une activité réelle de chantier à ce stade de nos développements. Il s'agit naturellement de la première limite.
- En outre, notre proposition nécessite d'utiliser de nombreux services logiciels pour rendre compte de l'intérêt de l'ensemble de la proposition. Il s'agit donc d'une charge de travail supplémentaire qui rend ce type d'expérimentation coûteuse et complexe à mettre en œuvre.
- Enfin, il est difficile de mobiliser les acteurs sur une longue période d'utilisation, et particulièrement dans le cas où ils ne perçoivent pas d'intérêt direct¹²⁶.

Tableau 25. Description des trois phases de l'expérimentation

Expérimentation	Description	Matériel à disposition
Étape 1	Consultation et manipulation des documents pour l'assistance à la coordination de chantier sous format papier habituel (= Pratique courante)	Documents papier : <ul style="list-style-type: none"> - Compte-rendu de chantier - Illustrations photographiques du chantier - Liste des documents - Planning
Étape 2	Consultation des données du chantier dans Bat'iTrust (=Pratique innovante)	Ordinateur portable et Bat'iTrust
Étape 3	Évaluation de la proposition par le sujet expérimental	Questionnaire de validation (Annexe 4)

Toute expérimentation est menée avec un utilisateur unique. Le protocole d'expérimentation se déroule en trois temps pour une durée approximative de 45 minutes (voir Tableau 25) :

- **Étape 1 :**
 - *Description :*
Une première phase est dédiée à la consultation et à la manipulation des documents papier utilisés habituellement pour assurer le suivi de l'activité de chantier.
 - *Matériel fourni :* Compte-rendu de chantier, illustrations du chantier, liste des documents).
- **Étape 2 :**
 - *Description :*
Une seconde phase est consacrée à l'utilisation du prototype Bat'iTrust. L'expérimentateur consulte les données relatives au chantier afin de percevoir l'état de l'activité. Nous concentrons l'expérimentation sur un scénario portant sur une tâche de construction particulière afin de limiter la durée d'analyse.

¹²⁶ Dans le cas du projet Build-IT, les sujets expérimentaux ont participé aux spécifications lors des différents groupes de travail. Les outils feront l'objet d'un prochain transfert vers le secteur. Dès lors, leur investissement lors des expérimentations contribue à la définition d'outils au plus proche de leurs besoins, ce qui n'est pas le cas pour notre proposition qui est plus exploratoire.

Par ailleurs, durant cette phase, nous utilisons un logiciel qui permet de capturer les manipulations à l'écran ainsi que de filmer les réactions de l'utilisateur via une webcam (voir Figure 107). Nous avons choisi d'utiliser un ordinateur portable avec webcam intégrée de manière à ce que le matériel ne soit pas intrusif et que l'utilisateur agisse le plus naturellement possible en oubliant rapidement qu'il est filmé.

- *Matériel fourni* : Ordinateur portable et application Bat'iTrust V1.0.¹²⁷

- **Étape 3 :**

- *Description* :

L'expérimentation se clôture par un questionnaire permettant à l'utilisateur de s'exprimer sur les aspects fonctionnels et ergonomiques de notre prototype.

- *Matériel fourni* : Questionnaire (voir Annexe 4).

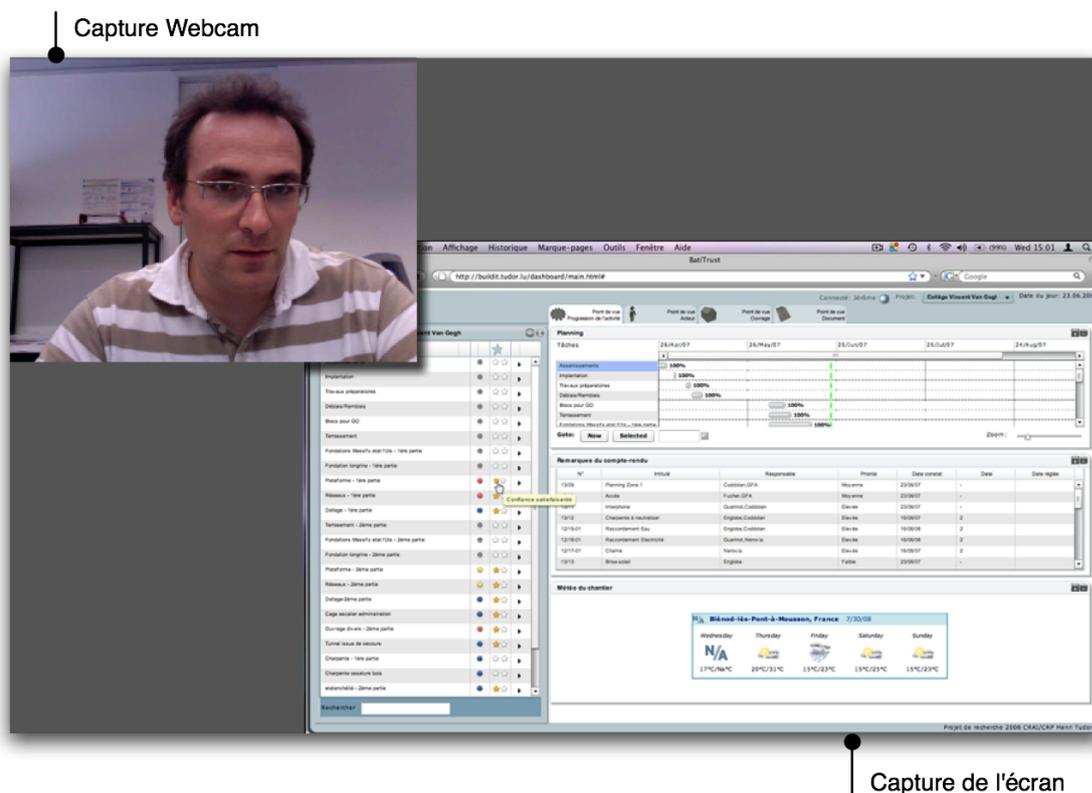


Figure 107. Vue d'une capture issue des expérimentations

7.1.3. Le profil des sujets expérimentaux

La phase d'expérimentation a été menée auprès de sept utilisateurs aux profils variés : étudiant (en master, doctorat), architecte, architecte-chercheur. La Figure 108 illustre la répartition des sujets.

¹²⁷ Nous avons choisi d'utiliser la version 1.0 et non pas la 2.0 car celle-ci n'était pas encore suffisamment stable pour les expérimentations. Nous rappelons que Bat'iTrust V1.0 exploite des fichiers xml créés manuellement pour afficher les données dans les diverses vues ce qui nous a permis d'y saisir le scénario dans son intégralité (tâches, acteurs, documents, ouvrages et relations), tandis que Bat'iTrust V2.0 exploite des Web services. Cette seconde version reste incomplète et nécessite encore quelques développements de Web services pour être totalement fonctionnelle.

Nous soulignerons que tous les sujets expérimentaux ne sont pas des spécialistes de la coordination et du pilotage (ex. étudiants en master ou doctorat). Toutefois, de par leurs connaissances du domaine, nous faisons l'hypothèse qu'ils disposent tous des compétences nécessaires pour juger de l'intérêt de notre proposition.

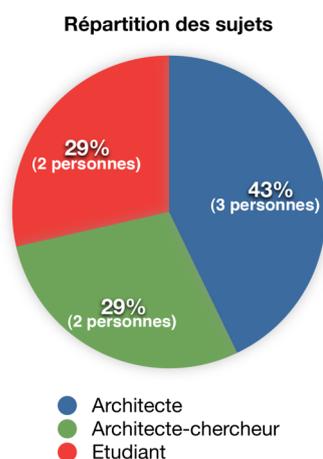


Figure 108. Répartition des sujets lors de la phase d'expérimentation

7.2. Les résultats d'expérimentation

Nous considérerons tout d'abord les retours des utilisateurs sous l'angle *fonctionnel*, ensuite, nous aborderons l'angle *ergonomique*. Ces deux dimensions relèvent de la perception de l'utilité (faculté des fonctionnalités de l'outil à répondre à un besoin), et de l'utilisabilité (aptitude de l'utilisateur à utiliser ces fonctionnalités). Toutes deux apparaissent primordiales pour l'appropriation des outils numériques (Nielsen 1994). C'est pourquoi elles structureront notre présentation des retours utilisateurs.

7.2.1. Les retours utilisateurs sur les aspects fonctionnels

Par « aspects fonctionnels », nous entendons tout ce qui relève des fonctionnalités de notre prototype Bat'iTrust. Le protocole d'expérimentation suggère dans un premier temps, l'utilisation de documents papier pour l'assistance à la coordination, et dans un second temps, la consultation des données via Bat'iTrust. Le sujet est donc amené à se prononcer sur l'intérêt de notre proposition en comparaison aux pratiques actuelles. Les données présentées dans cette section sont issues des retours formulés dans le questionnaire de validation¹²⁸ (voir Annexe 4) et sont agrémentées par les commentaires exprimés au cours des deux premières phases d'expérimentation : consultation des documents papier et utilisation du prototype.

¹²⁸ Ce questionnaire est structuré en trois sections : la première partie est destinée à recueillir les retours fonctionnels des utilisateurs (15 questions), la seconde partie se focalise sur les perspectives fonctionnelles (4 questions), et enfin, la dernière partie se concentre sur la validation des aspects ergonomiques du prototype (18 questions) et relève d'une adaptation du questionnaire Wammi (Website Analysis and MeasureMent Inventory), (voir section 7.2.2).

7.2.1.1. La perception du tableau de bord par les sujets expérimentaux

Les retours formulés par les sujets expérimentaux quant au tableau de bord sont positifs (voir Figure 109)¹²⁹. Tous estiment qu'il permet de guider la navigation par identification des aspects potentiels de dysfonctionnement sur le chantier. Ils considèrent que les indicateurs de confiance intégrés dans le tableau de bord sont pertinents pour assurer le suivi de chantier. Certains restent toutefois prudents, car selon eux, se prononcer sur une telle question nécessite une utilisation du prototype dans une situation réelle de coordination de chantier.

La représentation de la confiance sous forme d'étoiles colorées est globalement appréciée. Toutefois, un des sujets interviewés s'interroge plus spécifiquement sur la représentation de la confiance globale.

L'extrait ci-dessous expose son raisonnement à ce sujet :

[E1, 19 :18] « *La confiance globale, elle est satisfaisante, et il y a quand même une confiance faible sur la tâche elle-même. [...] Avec une confiance faible dans la tâche, moi j'estime que la confiance globale ne doit pas être satisfaisante. [...] Pour tirer plus le signal d'alarme, il faut mettre la barre un peu plus haute. C'est-à-dire, dès qu'il y a un petit problème, on le reporte directement sur l'indicateur global.* »



Figure 109. Retours utilisateurs sur le tableau de bord

La question qui est sous-jacente à cette remarque est celle du choix de la moyenne pour exprimer la confiance globale. Cet utilisateur préférerait avoir un indicateur global systématiquement « alarmant » dès qu'un seul des indicateurs de confiance spécifique relève de

¹²⁹ Les aspects exprimés au sein de la Figure 109 sont à mettre en relation avec les questions 1 à 4 de notre questionnaire de validation (voir Annexe 4).

la méfiance. Notre avis est que cela mènerait probablement au cours du chantier à une tendance perpétuellement négative. C'est pourquoi nous n'avons pas fait ce choix. Par ailleurs, nous jugeons que l'indicateur de confiance globale doit refléter les quatre dimensions de l'activité (Progression de la tâche, Acteur, Ouvrage, Document) tout comme nous l'avons évoqué dans les sections précédentes. En outre, nous estimons que l'utilisateur doit avoir la possibilité de paramétrer l'importance de ces dimensions selon ses intérêts, ou encore sa place dans l'organisation (voir section 5.2.3.1). Toutefois, cet aspect de notre proposition n'a pu être validé car l'interface de saisie des informations d'importance n'a pas fait l'objet d'un développement.

Un autre sujet évoque également la représentation de la confiance globale et met en évidence son uniformité dans le scénario traité.

[E2, 19:19] « *Je me dis, c'est partout les mêmes, du coup, c'est pas discriminant pour mon choix ...* »

Cette uniformité dans la représentation résulte sans doute d'un manque de précision dans l'échelle de valeur de confiance proposée (voir Figure 91, p. 193). Une des perspectives consisterait donc à affiner notre échelle en proposant des représentations intermédiaires afin d'améliorer la compréhension de l'utilisateur et de renforcer le rôle de l'indicateur de confiance globale.

Ce même sujet souligne également le souhait de bénéficier d'informations complémentaires pour une meilleure compréhension de la valeur de l'indicateur de confiance, comme l'illustre l'extrait suivant :

[E2, 16:58] « *De savoir que j'ai un indice de confiance faible, ça ne m'aide pas beaucoup... [...] Comme première vue, c'est intéressant... Parce que là, je détecte qu'il y a un problème. Par contre, le fait de ne pas savoir pourquoi il y a un problème... Ca, ça me pose problème...* ».
[E2, 18:05] « *Ce que j'aimerais, c'est qu'au deuxième clic, j'aie des éléments d'explications de pourquoi c'est une tâche à problème.* »

Aussi, il semble que l'intégration des informations relatives au calcul de la valeur de l'indicateur de confiance (selon la méthode exposée section 5.2.2) permettrait un premier niveau de compréhension avant l'analyse approfondie des données au sein des arrangements de vues spécifiques.

Enfin, l'intérêt de notre dispositif pour le suivi de chantier n'est remis aucunement en question par les sujets expérimentaux, même si certains d'entre eux souhaiteraient une utilisation en situation réelle avant de se prononcer de manière définitive.

7.2.1.2. La perception du point de vue « Progression de l'activité »

Le point de vue « Progression de l'activité » rassemble les vues suivantes : le « planning », les « remarques du compte-rendu », et la « météo du chantier ». Cette configuration est largement

appréciée par les sujets expérimentaux (voir Figure 110¹³⁰). Toutefois, certains d’entre eux regrettent que les relations entre les tâches ne figurent pas, notamment au niveau du planning :

[E2, 11 :08] « Plate-forme 1^{ère} partie, c’est lié à quoi ? Il n’y a pas de lien entre les tâches. C’est peut-être ça qui manque... Parce que là, on ne peut pas savoir pourquoi la première partie est en retard et la deuxième partie est en avance.»

Nous précisons que cet aspect faisait partie des spécifications initiales. Cependant, au vu de la difficulté technique liée à l’affichage des dépendances entre tâches, nous avons fait le choix de ne pas investir cette voie dans le cadre du développement de notre prototype Bat’iTrust. Les retours des utilisateurs confirment qu’il s’agit d’un élément essentiel pour la bonne compréhension des informations du chantier et des dysfonctionnements potentiels.

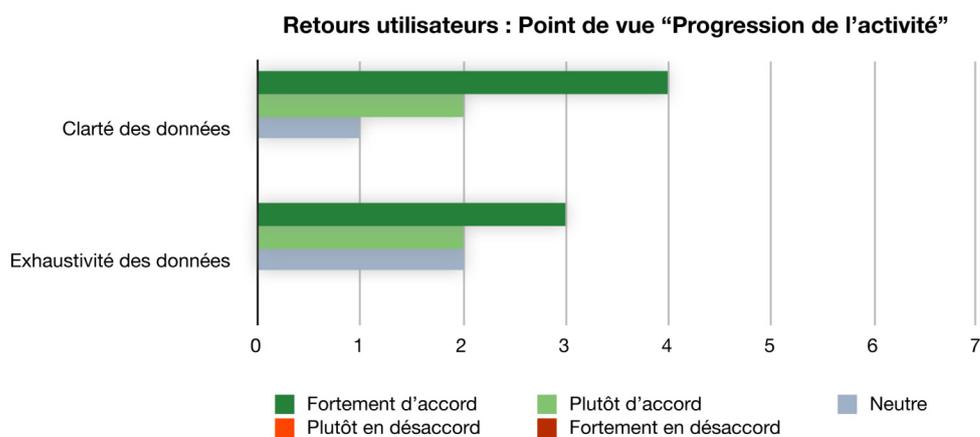


Figure 110. La perception du point de vue "Progression de l'activité"

7.2.1.3. La perception du point de vue « Acteur »

Le point de vue « Acteur » rassemble les vues : « évaluation » et « Bat’graph ». Les sujets expérimentaux considèrent cette configuration claire et relativement complète (voir Figure 111¹³¹).

Certains d’entre eux expriment néanmoins un peu de réticence à l’idée d’une évaluation des intervenants sur le chantier de construction. Nous rappelons que la dimension déontologique des dispositifs d’évaluation a été mise en évidence dans la section 2.4.3.5. De notre côté, nous ne la négligeons pas, mais nous estimons que ces dispositifs permettent une évaluation objective et structurée des intervenants et nous considérons qu’ils ont un véritable intérêt en termes de « services de confiance ».

¹³⁰ Les aspects exprimés au sein de la Figure 110 sont à mettre en relation avec les questions 5 et 6 de notre questionnaire de validation (voir Annexe 4).

¹³¹ Les aspects exprimés au sein de la Figure 111 sont à mettre en relation avec les questions 7 et 8 de notre questionnaire de validation (voir Annexe 4).

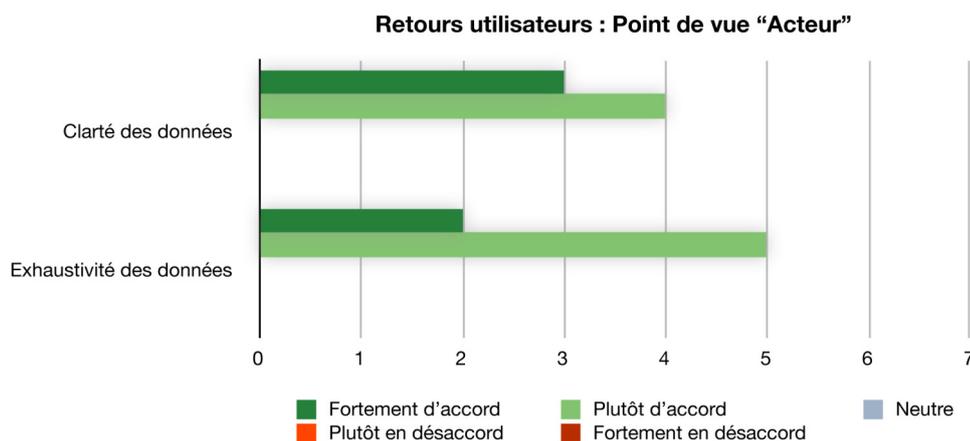


Figure 111. La perception du point de vue "Acteur"

Par ailleurs, les sujets regrettent que le graphe Bat'graph ne permettent pas de visualiser les relations entre les tâches.

7.2.1.4. La perception du point de vue « Ouvrage »

Le point de vue « Ouvrage » est constitué des vues : « maquette numérique », « suivi du budget », « liste des modifications » et « description de l'ouvrage ». Cette configuration est très appréciée et les utilisateurs estiment qu'ils disposent d'informations claires et exhaustives (voir Figure 112¹³²). La localisation de l'ouvrage au sein de la maquette numérique apparaît comme le point de fort de cet arrangement de vues.

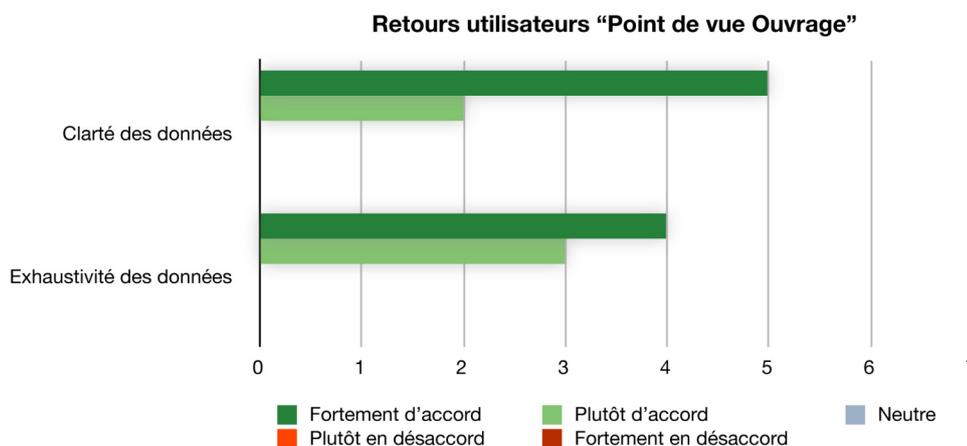


Figure 112. La perception du point de vue "Ouvrage"

7.2.1.5. La perception du point de vue « Document »

Le point de vue « Document » est composé des vues : « gestion des plans », « suivi des actions », « suivi des réactions ». Cette configuration est globalement appréciée par les sujets

¹³² Les aspects exprimés au sein de la Figure 112 sont à mettre en relation avec les questions 9 et 10 de notre questionnaire de validation (voir Annexe 4).

expérimentaux (voir Figure 113¹³³). Bien que les données soient formatées de manière similaire aux données manipulées actuellement pour la coordination et le pilotage de chantier, certains sujets évoquent le manque de lisibilité des tableaux. Nous avons pris le parti de présenter les vues de manière similaire à celles exploitées couramment par les coordinateurs-pilotes (voir sections 1.2.2 et 3.2) et implémentées dans les services logiciels Build-IT (voir Chapitre 4). Il s'agit sans doute d'un point fort, car les utilisateurs appréhendent rapidement l'ensemble des contenus pourtant denses. Durant l'expérimentation, l'un des sujets va même jusqu'à dire en manipulant les différentes vues du prototype : « *J'ai l'impression d'être au bureau.* », [E2, 05 :40]. Néanmoins, dans ce cas précis, certains utilisateurs auraient souhaité une proposition nouvelle de notre part pour faciliter la consultation des données relatives aux documents.

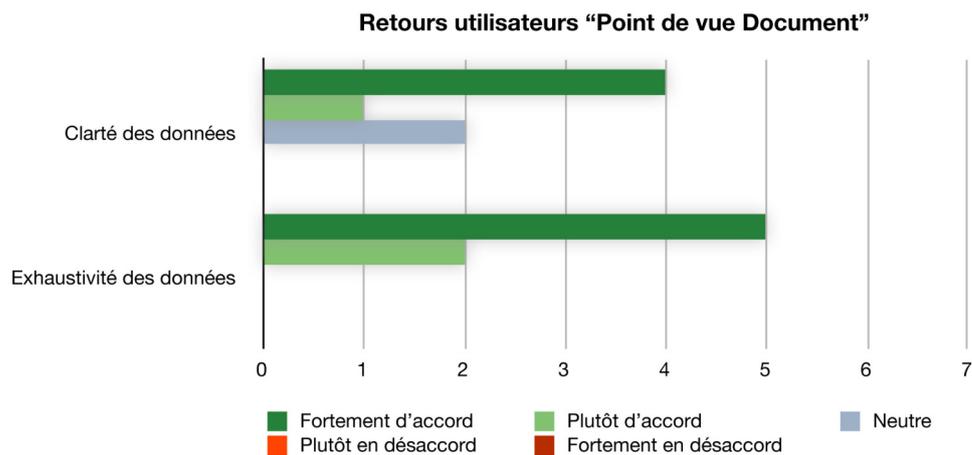


Figure 113. La perception du point de vue "Document"

7.2.1.6. La perception de l'application Bat'iTrust

Jusqu'à présent, nous avons concentré notre analyse sur les contenus des vues indépendamment les uns des autres. Nous abordons maintenant l'application Bat'iTrust dans son ensemble (voir Figure 114¹³⁴). Les sujets expérimentaux estiment que le dispositif permet facilement la mise en relation des données. Ils considèrent que notre prototype constitue un bon support au suivi et à la coordination de chantier et ils seraient prêts à l'utiliser dans le cadre de leurs chantiers personnels.

Toutefois, un des sujets interviewés a mis en évidence la difficulté de rendre compte d'une exhaustivité du contexte de coopération. Si nous suggérons dans notre proposition que les données peuvent être introduites par tout intervenant de l'opération, l'architecte interviewé s'interroge sur la difficulté de centraliser ces données au sein d'un même système d'information et de générer un véritable partage. Il souligne cette réticence dont peuvent faire preuve les intervenants à l'idée d'échanger les informations qu'ils produisent. Il s'agit là d'une limite concrète à notre proposition, mais aussi plus largement aux perspectives d'outillage de la

¹³³ Les aspects exprimés au sein de la Figure 113 sont à mettre en relation avec les questions 11 et 12 de notre questionnaire de validation (voir Annexe 4).

¹³⁴ Les aspects exprimés au sein de la Figure 114 sont à mettre en relation avec les questions 13 à 15 de notre questionnaire de validation (voir Annexe 4).

coopération entre acteurs dans notre secteur d'activité. Les recherches menées sur l'adoption des technologies par les acteurs du secteur du bâtiment (ex. (Nitithamyong 2007) ou (Rezgui et al. 2004)) mettent en évidence les barrières organisationnelles auxquelles elle est confrontée (ex. nécessité de modifier les pratiques internes, ou encore apparition de nouvelles responsabilités et de nouveaux rôles). Nous pensons que le secteur est actuellement en train de vivre de grands bouleversements concernant les pratiques collectives (nouveaux outils d'assistance à la coopération et nouvelles formes contractuelles) qui convergent vers une centralisation des points de vue (voir section 1.3). Le changement est en train de s'opérer de manière progressive. D'un point de vue technologique, nous pouvons le constater avec l'utilisation de plus en plus fréquente des plates-formes d'échange de documents dans le cadre des projets de construction. Il s'agit somme toute d'un premier pas vers le partage plus large d'information numérique.

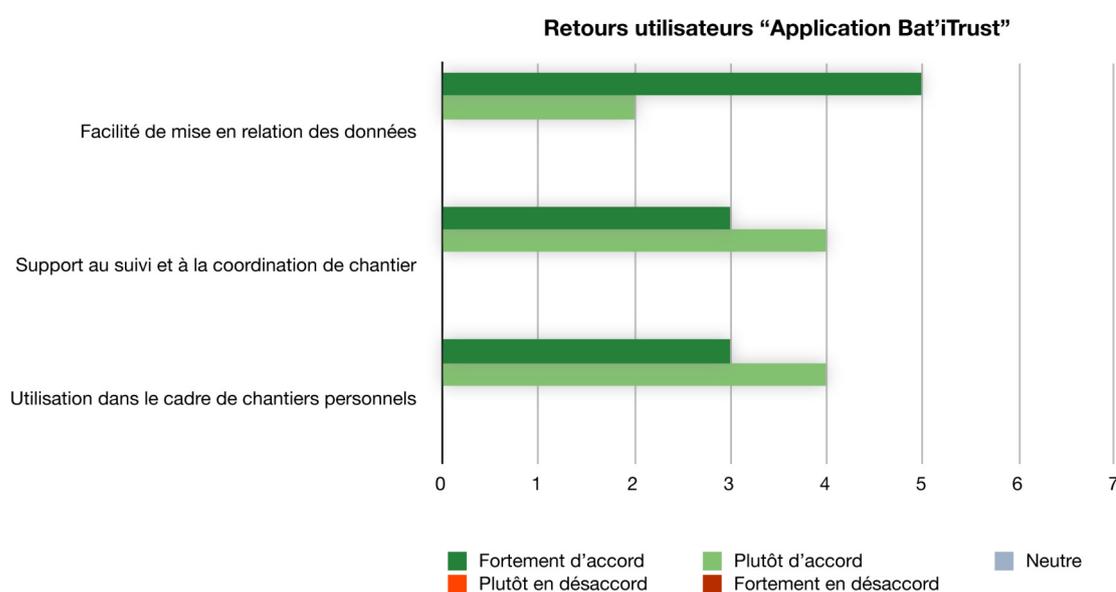


Figure 114. La perception de l'application Bat'iTrust

7.2.1.7. Les perspectives fonctionnelles du prototype Bat'iTrust

En matière de perspectives, nous avons proposé aux sujets expérimentaux, via notre questionnaire de validation (voir Annexe 4), une liste d'évolutions fonctionnelles imaginées lors de l'implémentation de notre prototype Bat'iTrust :

- **Perspective 1** : Identification de l'évolution des indicateurs de confiance entre deux connexions sur l'application,
- **Perspective 2** : Organisation des tâches du tableau selon les différents lots du chantier,
- **Perspective 3** : Association d'un commentaire à une tâche du tableau de bord afin de conserver une trace de la navigation effectuée au sein de l'application,
- **Perspective 4** : Organisation et paramétrage personnels de la composition des points de vue.

La Figure 115 identifie les retours utilisateurs quant à ces suggestions de nouvelles fonctionnalités. Il en ressort que les perspectives 1 et 3 apparaissent très intéressantes aux sujets

expérimentaux. La structuration par lots pourrait également renforcer la lisibilité des données, mais ne semble pas indispensable. La personnalisation et le paramétrage des points de vue semblent secondaires pour les sujets interviewés qui estiment, qu'en l'état actuel, les informations sont présentées de manière claire et explicite.

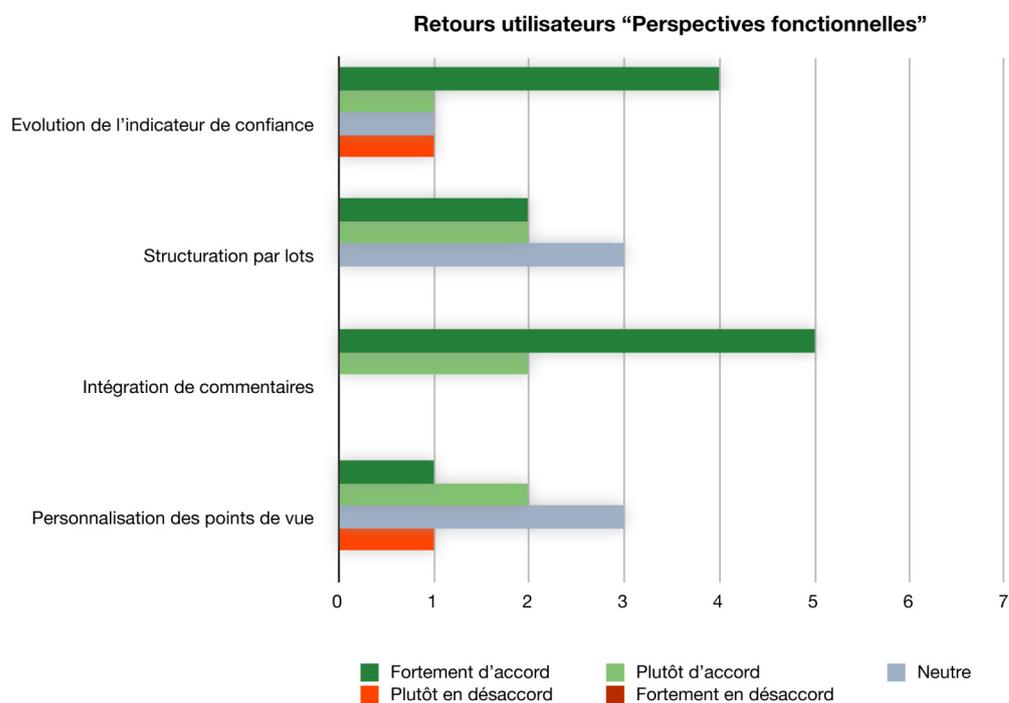


Figure 115. Les suggestions de nouvelles fonctionnalités

7.2.2. Les retours utilisateurs sur les aspects ergonomiques

Jusqu'à présent, notre analyse a porté sur les aspects fonctionnels. Nous allons maintenant aborder le deuxième aspect de notre évaluation qui se focalise sur les qualités ergonomiques de notre prototype. Pour ce faire, nous avons utilisé une version traduite et adaptée du questionnaire Wammi¹³⁵ (Website Analysis and Measurement Inventory) développé par Jurek Kirakowski. Ce questionnaire permet d'évaluer les sites Web en recueillant et en mesurant les réactions des utilisateurs en ce qui concerne la facilité d'usage du site considéré. Dans notre cas, il ne s'agit pas réellement d'un site Web, mais d'une application Web. Il existe toutefois une réelle similarité du point de vue de la navigation. Aussi, nous avons pu exploiter le questionnaire Wammi au terme de légers ajustements ne modifiant aucunement le sens initial des questions.

L'objectif de ce questionnaire Wammi consiste à évaluer les aspects suivants (d'après wammi.com) :

- L'« *attractivité* » caractérise le fait que le site soit visuellement plaisant et offre un intérêt direct aux utilisateurs ciblés.

¹³⁵ <http://www.wammi.com>

- La « **contrôlabilité** » détermine si les utilisateurs peuvent naviguer aisément au sein du site.
- L' « **efficacité** » rend compte du fait que les utilisateurs peuvent facilement retrouver ce qui les intéresse au sein du site, et que ce dernier répond à une vitesse raisonnable (pour le chargement des pages notamment).
- L' « **aide / utilité** » désigne l'adéquation entre les attentes de l'utilisateur et les propositions du site en matière de contenu et de structure.
- L' « **apprentissage** » renseigne sur la quantité d'informations introductives nécessaires pour utiliser le site.

La Figure 117 présente le questionnaire utilisé ainsi que la synthèse des réponses formulées par les sujets expérimentaux. Il semble, à première vue, que les résultats soient globalement positifs. Les utilisateurs ont apprécié le soin apporté à l'interface. Cependant, quelques légers bogues survenant lors des expérimentations ont pu perturber les utilisateurs. Il importe malgré tout de rappeler que l'analyse porte sur un prototype. Nous soulignons également que les bogues survenus lors de l'expérimentation n'ont, en aucun cas, été bloquants pour les sujets interviewés. Par ailleurs, nous notons que, même si en dehors du tableau de bord, les vues sont a priori familières aux utilisateurs, les sujets expérimentaux estiment que des explications sont nécessaires avant l'utilisation du dispositif.

Nous poursuivons l'analyse de ces résultats et les catégorisons selon les cinq aspects identifiés préalablement (voir Figure 116). Il en ressort que l'application Bat'iTrust est particulièrement attractive. Les sujets expérimentaux l'estiment également très utile. Notre proposition semble rencontrer leurs attentes et le contenu apparaît pertinent.

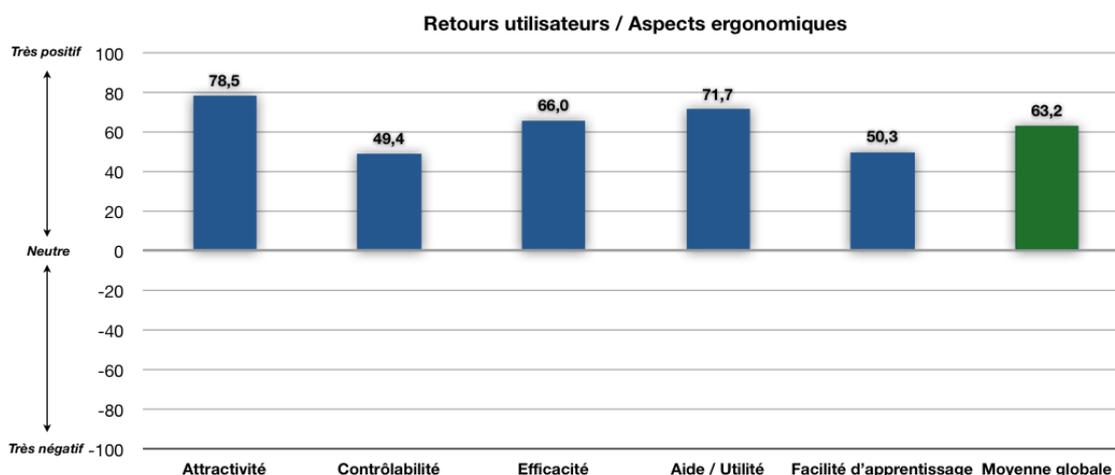


Figure 116. Catégorisation des retours utilisateurs sur les qualités ergonomiques de Bat'iTrust

L'application s'avère efficace bien que quelques bogues perturbent ponctuellement sa contrôlabilité. Enfin, notre proposition nécessite une petite introduction avant toute utilisation afin de familiariser l'utilisateur avec le contenu. Toutefois, il semble, au travers des retours exprimés, que l'apprentissage ne nécessite que peu d'investissement de la part de l'utilisateur. En effet, les diverses vues introduites dans la proposition sont formatées de manière identique

aux documents manipulés quotidiennement dans la profession. Seul le tableau de bord de confiance nécessite un réel investissement en termes d'apprentissage.

Retours utilisateurs : Approche ergonomique



Figure 117. La perception de l'ergonomie du prototype Bat'iTrust

Cette familiarité des utilisateurs avec les contenus nous permet d'ailleurs d'intégrer une grande quantité d'informations au sein des configurations de vues sans toutefois perturber la lecture des données et leur compréhension. Un des sujets expérimentaux s'est d'ailleurs exprimé au sujet de la densité d'information :

[E2, 12:12] « *Au niveau de l'interface, je trouve que c'est très chouette. Vraiment très chouette. [...] C'est joliment fait... Ça bouge bien... C'est peut-être un peu dense en informations. Ça, c'est peut-être un petit bémol par rapport à la lisibilité. Mais une fois qu'on est dedans, je pense que c'est bien.* »

7.3. L'intégration des premières évolutions dans la version V2.0 de Bat'iTrust

Les retours des utilisateurs récoltés lors de la phase d'expérimentation ont permis d'affiner la proposition en suggérant essentiellement deux nouveautés :

- La première évolution s'attache à affiner l'échelle de confiance afin de proposer des niveaux intermédiaires dans la représentation de la confiance en introduisant des étoiles partielles (voir Figure 118). Les retours des utilisateurs avaient mis en exergue l'importance d'affiner l'échelle principalement pour l'indicateur de confiance globale. Nous avons décidé de généraliser, dans la seconde version de notre prototype, cette nouvelle échelle à l'ensemble des indicateurs en vue d'améliorer leur interprétation.

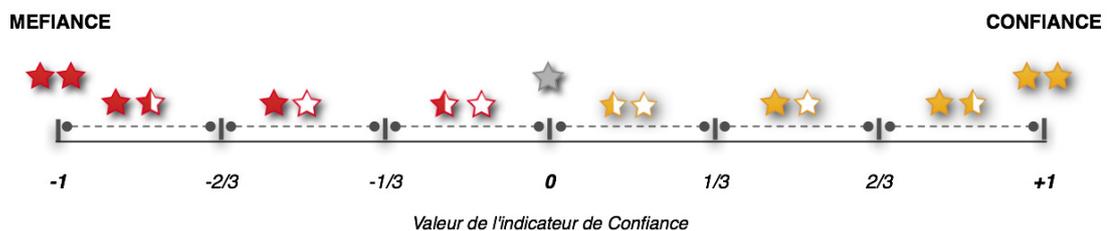


Figure 118. Bat'iTrust V2.0 - Echelle de confiance

- La seconde évolution intègre l'affichage de la valeur des critères. Certains sujets expérimentaux ont fait part de leur volonté de voir apparaître une information détaillée permettant de mieux comprendre la valeur de l'indicateur de confiance. Aussi, nous avons opté, dans la seconde version de notre prototype, pour un affichage de données complémentaires lors du survol de l'indicateur de confiance globale (voir Figure 119). Ces données font apparaître les valeurs pour chacun des critères mesurables intervenant dans le calcul de la Confiance Globale et Spécifique.

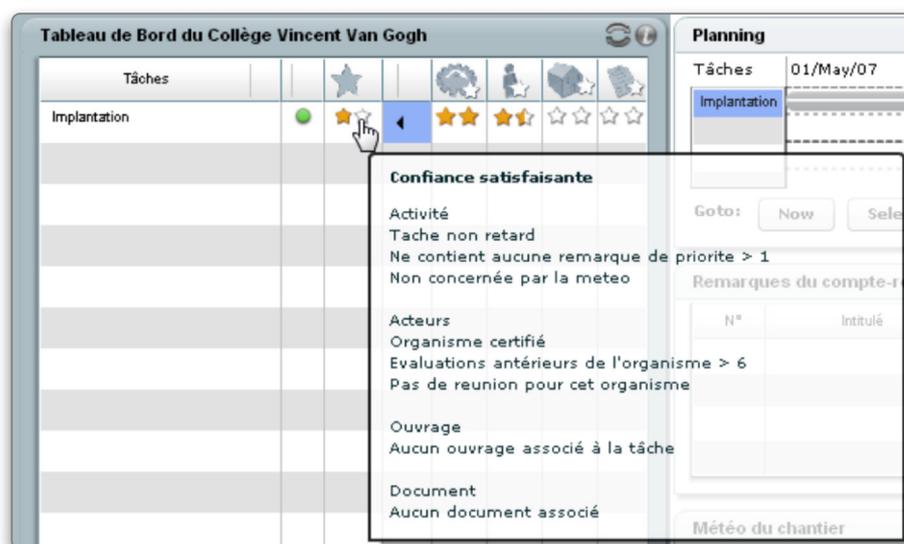


Figure 119. Détails de la valeur de Confiance Globale dans Bat'iTrust V2.0

Il s'agit de premières améliorations apportées à notre prototype. D'autres développements font partie des perspectives fonctionnelles. Nous pouvons citer de manière non exhaustive les exemples ci-dessous :

- L'intégration des dépendances entre les tâches de construction au sein de la vue planning,
- Le développement d'une gestion et d'une interface de personnalisation des niveaux d'importance de chacun des types de confiance spécifique,
- L'intégration d'un indicateur au sein du tableau de bord informant sur l'évolution des indicateurs de confiance entre deux connexions sur l'application,
- L'intégration d'une fonctionnalité de saisie d'un commentaire que l'utilisateur pourrait associer à une tâche du tableau de bord afin de conserver une trace de la navigation effectuée au sein de l'application, etc.

7.4. Les limites de la phase d'expérimentation et bilan

Nous rappelons que cette phase d'expérimentation cherchait principalement à recueillir des retours utilisateurs concernant l'utilité et l'utilisabilité de notre prototype. Nous soulignons que le protocole déployé ne constitue aucunement une étape de validation du modèle mathématique sous-jacent à notre tableau de bord (voir Chapitre 5).

Nous constatons que cette phase d'expérimentation, dont nous avons exposé les résultats ci-dessus, possède certaines limites :

- La première limite relève du champ de la validation. L'expérimentation ne permet pas, en l'état, de valider les aspects relatifs à notre modèle de calcul proprement dit. Pour répondre à ce point, nous aurions dû, dans un premier temps, confronter les sujets à un contexte de coopération, à des valeurs de critères ainsi qu'à des valeurs de Confiance

Spécifique et Globale ; et dans un second temps, les interroger sur la pertinence des valeurs de confiance. Une telle expérimentation n'a pas été menée car nous avons estimé qu'il serait difficile de solliciter les sujets sur cette question tant les données qui leur auraient été présentées auraient été abstraites. Toutefois, nous rappelons que les informations nécessaires aux divers calculs (critères de confiance) ont fait l'objet d'une étude auprès de professionnels, cela constitue en soi une première phase de validation de notre méthode de calcul (voir section 5.1).

- Les autres limites font référence aux caractéristiques intrinsèques du protocole expérimental déployé.
 - o Tout d'abord, la durée de l'expérimentation ne permet pas à l'utilisateur de juger de l'intérêt de notre proposition sur le long terme et d'apprécier l'évolution des indicateurs de confiance au cours de l'activité.
 - o Ensuite, nous soulignons la difficulté des acteurs à saisir et à intégrer un contexte de projet auquel ils ne participent pas réellement. Bien que nous nous soyons inspiré de données réelles pour constituer notre scénario, nous sommes encore loin de reproduire une situation concrète de chantier. Notre scénario reste un « cas d'école ».
 - o En outre, la version prototype de Bat'iTrust que nous avons utilisée pour réaliser ces tests utilisateurs ne permet pas le paramétrage du niveau d'importance de chacun des types de confiance spécifique. Les données relatives aux indicateurs de confiance sont établies sur base d'une « importance » identique pour tous les aspects. Il s'agit donc d'un point qu'il serait nécessaire de valider par ailleurs.
 - o Enfin, la phase d'expérimentation a permis de récolter les retours de sept sujets. Ce nombre est naturellement insuffisant pour tirer des conclusions définitives.

Toutefois, cette phase d'expérimentation nous a permis de recueillir des retours utilisateurs et de valider l'intérêt d'une proposition comme la nôtre pour les professionnels du secteur de la construction. Au vu des limites de notre phase de validation, nous ne formulons pas de conclusions formelles, mais nous exprimons des tendances majeures ressorties au cours des entretiens :

- Il semble finalement que la confiance soit une notion que les praticiens du secteur de la construction puissent facilement appréhender. Si certains sujets expérimentaux s'interrogent ponctuellement sur la représentation des indicateurs de confiance, aucun d'entre eux ne remet en cause son potentiel pour assister la coordination du chantier.
- En outre, ils considèrent que les indicateurs de confiance permettent de structurer efficacement la navigation au sein du dispositif.
- Enfin, les contenus des configurations de vues apparaissent plus que satisfaisants aux sujets. La similarité avec les documents manipulés au quotidien dans la pratique professionnelle assure aux utilisateurs une compréhension rapide et immédiate des informations.

Somme toute, nous pouvons estimer que les objectifs que nous nous étions fixé pour cette phase d'expérimentation (voir section 7.1.1) ont été atteints. À ce stade du développement du prototype, nous ne pouvions envisager une validation plus étendue. Les tendances recueillies auprès des sujets interviewés nous permettent de dresser un premier bilan positif.

Néanmoins, une expérimentation en situation réelle apparaît nécessaire pour fournir une validation définitive et plus complète de notre proposition. Une telle expérimentation nécessite toutefois des développements supplémentaires en vue d'étendre l'offre des services logiciels (pour l'alimentation du contexte de coopération) et de finaliser la version V2.0 de Bat'iTrust (et des services Web nécessaires à l'affichage des données).

Conclusion

Nous présenterons ici les conclusions générales de notre travail de thèse. Nous reviendrons sur la problématique et sur la méthodologie adoptée dans le cadre de cette recherche. Puis, nous préciserons les apports de notre proposition. Ensuite, nous en formulerons les limites. Et enfin, nous dresserons les perspectives de ce travail qui constituent d'ores et déjà des pistes pour la définition de nos futurs projets de recherche.

La problématique et la méthodologie

Le chantier est caractérisé par de nombreux dysfonctionnements qui peuvent survenir de manière imprévisible et qui sont caractéristiques d'un mode de production situé et prototypique. Nous pouvons citer par exemple, les dysfonctionnements qui concernent la nature du sol ou les intempéries, ou encore ceux liés à l'échange de documents entre les intervenants. Ce contexte, incertain par nature, repose sur diverses configurations de l'organisation (hiérarchique, adhocratique ou transversale), mais également sur une coordination associant l'implicite et l'explicite et qui privilégie pour une large part l'autonomie et le sens des responsabilités des divers intervenants. Aussi, nous estimons que ce contexte, de par ses spécificités, est largement fondé sur la confiance.

L'ensemble de notre travail de thèse s'est attaché à démontrer l'intérêt d'un rapprochement entre la notion de confiance et les outils d'assistance à la coordination.

Pour ce faire, la démarche que nous avons adoptée se veut pluridisciplinaire et se structure en deux temps principaux : le premier contribue à préciser la problématique en menant une étude en profondeur sur le domaine et sur la notion de confiance ; le second se concentre sur l'instrumentation de la confiance pour l'assistance à la coordination au regard des éléments théoriques identifiés en amont.

Notre analyse nous a conduit à développer une approche originale de la « *confiance dans le bon déroulement de l'activité* ». En effet, nous avons identifié que la confiance, dans le contexte d'une activité de chantier, porte non seulement sur la relation entre acteurs (approche académique communément admise de la confiance), mais plus largement sur la bonne progression de l'activité collective, sur l'atteinte des objectifs escomptés... Selon nous, la confiance repose en fait sur chacune des dimensions constitutives du contexte de l'activité collective de construction : la tâche et sa progression, les acteurs chargés de son exécution, les ouvrages en résultant (et leur difficulté de mise en oeuvre), ainsi que les documents nécessaires à sa réalisation.

Nous avons dès lors pris conscience du potentiel de la représentation de la confiance dans chacune de ces dimensions comme support à la coordination et au pilotage de chantier, hypothèse sur base de laquelle nous avons construit notre proposition.

L'apport de la proposition

La proposition formulée repose sur les travaux antérieurs du CRAI menés sur le contexte de coopération. Ceux-ci ont conduit à la description de l'activité coopérative en s'inspirant d'une part, de la Théorie de l'Activité, afin d'identifier les concepts fondamentaux nécessaires à la description d'un contexte coopératif (Activité, Artefacts, Acteurs, Outils), et d'autre part, d'une approche IDM¹³⁶, afin de définir une infrastructure intégrant les modèles du contexte de coopération et les modèles des vues du contexte mis en oeuvre dans les outils de travail coopératif.

Sur base de ces travaux, qui ont pour intérêt de constituer une modélisation de la connaissance du domaine, nous avons identifié l'information relative à la confiance dans le bon déroulement de l'activité et les critères de confiance associés. À partir de cela, nous avons constitué une *méthode de mesure de la confiance*, qui a ensuite fait l'objet d'une *implémentation au sein d'un prototype* dénommé « Bat'iTrust ». Nous suggérons de revenir sur ces deux aspects principaux de notre proposition.

1. La définition d'une méthode de mesure de la confiance dans le bon déroulement de l'activité

Afin de définir la méthode de mesure de la confiance dans le bon déroulement de l'activité, nous avons commencé par procéder à l'identification des aspects sur lesquels repose la confiance pour chacune des quatre dimensions de l'activité collective (activité, acteur, ouvrage et document) et ensuite, nous avons « traduit » ces aspects en critères de confiance mesurables. Sur base des travaux établis par S.P. Marsh (Marsh 1994), nous avons alors construit notre

¹³⁶ Ingénierie Dirigée par les Modèles.

modèle mathématique autour des notions de « *Confiance Globale* » et de « *Confiance Spécifique* » :

- La *Confiance Globale* caractérise la confiance dans le bon déroulement de l'activité dans un contexte α donné.
- La *Confiance Spécifique* rend compte des dimensions de l'activité collective. Nous distinguons :
 - o La Confiance Spécifique dans la Progression de la tâche,
 - o La Confiance Spécifique dans les Acteurs,
 - o La Confiance Spécifique dans les Documents,
 - o La Confiance Spécifique dans les Ouvrages.

La méthode de mesure de la confiance proposée est issue d'une réflexion où prédominent la volonté d'automatiser le calcul de la valeur des critères de confiance, ainsi que la volonté de faciliter l'intégration de tout nouveau critère.

2. Un outil d'assistance à la coordination de chantier par la confiance

Notre proposition supporte la « supervision directe » pour laquelle de nombreux documents/outils existent, mais ne présentent pas de cohérence globale (cohérence des vues et cohérence des données). Ils ne permettent pas, en l'état, de fournir une synthèse des points de vue sur l'activité. Notre proposition suggère une nouvelle approche de la coordination par la perception du contexte de coopération structurée autour de la confiance et de sa représentation. Elle se concrétise par un outil dénommé Bat'iTrust destiné au coordinateur-pilote. Celui-ci consiste en une interface multi-vues dont la navigation est guidée par un tableau de bord représentant des indicateurs de confiance dans les tâches de construction du chantier. La sélection d'un indicateur de confiance au sein du tableau de bord permet l'affichage d'une configuration de vues « métier » établie typiquement pour la compréhension et l'analyse de l'éventuel dysfonctionnement sur la tâche de construction considérée.

Cet outil s'inscrit sous la forme d'un service logiciel au sein d'une architecture logicielle de type SOA (Service Oriented Architecture) qui propose un ensemble de services autour du contexte de coopération d'un chantier de construction. Deux services logiciels, développés au Centre de Recherche Public Henri Tudor dans le cadre du projet de recherche luxembourgeois Build-IT, assurent l'« alimentation » et la cohérence du contexte de coopération : un service logiciel dédié à la gestion des comptes-rendus de chantier, et un autre spécialisé dans l'échange de documents. Le prototype Bat'iTrust implémente la méthode de calcul de la confiance (rappelée ci-dessus), et assure l'affichage automatique des indicateurs de confiance dans un tableau de bord à partir des informations du contexte de coopération.

Ce prototype Bat'iTrust a fait l'objet d'une phase de validation qui a permis de confronter les résultats obtenus à des sujets expérimentaux représentatifs du secteur de la construction.

Les limites et les perspectives de la proposition

Naturellement, notre travail de recherche présente un certain nombre de limites, mais également des perspectives intéressantes. Nous les énoncerons ci-dessous.

1. Du point de vue de l'approche pluridisciplinaire

Notre travail s'inscrit dans une démarche pluridisciplinaire. Dès lors, les théories et les concepts abordés sont nombreux et ne peuvent faire l'objet d'une étude très approfondie dans le cadre d'un travail de thèse dont la durée est limitée dans le temps. En outre, en abordant la notion de confiance, nous avons été confronté à une littérature vaste et éclectique dont une part infime était dédiée au secteur de la construction. En effet, si la confiance émerge progressivement comme thématique de recherche à part entière, force est de constater, qu'il n'existe encore que peu d'application à notre domaine d'activité, notamment autour de son outillage.

Nous retiendrons toutefois qu'une telle contrainte s'est avérée en réalité très profitable. Notre démarche et la position originale que nous avons adoptées dans le cadre de ce travail de thèse ont finalement permis de générer un débat particulièrement intéressant tant auprès des communautés de chercheurs que des professionnels.

2. Du point de vue de la méthode de calcul de la confiance

La méthode de calcul présentée fait usage d'un certain nombre de critères de confiance. Si ceux-ci ont été stabilisés grâce à une enquête menée auprès de professionnels, nous ne pouvons cependant garantir l'exhaustivité de ces données vu le nombre de participants impliqués (14 personnes). En outre, le calcul de la Confiance Spécifique est établi par une moyenne des critères correspondants. Nous avons fait le choix d'une pondération identique pour chacun des critères quel que soit le type de tâche considérée. Ce choix a été fait en vue de limiter les paramétrages de l'outil à effectuer par le coordinateur-pilote. Néanmoins, il restreint la portée de notre proposition et son adaptabilité aux différents profils d'utilisateurs et contextes de travail.

Aussi, nous estimons, en termes de perspective, que le modèle proposé pourrait faire l'objet d'un paramétrage de la Confiance Spécifique en fonction de l'utilité de chacun des critères de confiance mis en œuvre, voire même d'une pondération spécifique pour différents types d'activité de construction. De telles perspectives ne pourront être appréciées qu'au terme d'une confrontation expérimentale auprès des professionnels, en situation réelle de chantier.

Par ailleurs, le modèle mathématique proposé a été défini à partir d'une réflexion sur les dimensions de l'activité collective. Par conséquent, il est sans doute suffisamment générique pour être mis en œuvre dans un autre domaine d'application (ex. gestion de projets informatiques). Une étude se focalisant sur l'identification des critères de confiance spécifique permettrait de s'assurer de la généralité de notre approche de la confiance dans le bon déroulement de l'activité.

3. Du point de vue du prototype implémenté

Les limites liées au prototype implémenté ont déjà été relevées dans la section 6.3, nous les rappelons brièvement ici.

La première limite concernant notre prototype relève de l'exhaustivité de l'information du contexte de coopération. Actuellement, seuls trois services logiciels permettent de l'alimenter. Il s'agit des deux applications CRTI-weB destinées à la gestion des comptes-rendus de chantier et à l'échange des documents, ainsi que le service logiciel de description des tâches, tous trois basés sur le même modèle du Contexte de Coopération. Par conséquent, nous ne disposons pas, en l'état actuel des choses, des informations relatives aux ouvrages et aux acteurs. Aussi, nous ne pouvons calculer automatiquement les indicateurs de Confiance Spécifique qui leur correspondent. La perspective que nous envisageons relève donc d'une intégration de nouveaux services logiciels et métier dans notre infrastructure. L'architecture orientée services mise en place peut permettre des connexions simplifiées avec d'autres systèmes d'information permettant la gestion de ces aspects du contexte de coopération d'un chantier de construction.

La seconde limite est issue de l'authenticité des données du contexte de coopération. En effet, les indicateurs de confiance sont calculés sur base des données introduites au sein d'un système d'information central décrivant le contexte de coopération. Néanmoins, si les utilisateurs tardent à mettre à jour les données, ou saisissent des informations erronées, les indicateurs de confiance ne pourront évidemment refléter la réalité du chantier.

La dernière limite, précédemment identifiée par (Kubicki 2006a) et toujours effective dans le cadre de notre proposition, concerne l'automatisation des transformations de modèles pour la création des vues. Dans le prototype Bat'iTrust présenté, les transformations de vues ont été créées manuellement, car actuellement, les outils existants pour gérer les transformations de modèles restent expérimentaux et complexes à mettre œuvre.

4. Du point de vue de la pratique professionnelle

Notre proposition engendre des bouleversements en matière de pratiques collectives. En effet, nous avons envisagé que les informations du contexte de coopération soient centralisées au sein d'un même système d'information. Les professionnels du secteur restent cependant sceptiques à cette idée. Ils soulignent la réticence actuelle des intervenants sur le chantier à échanger et partager les documents qu'ils produisent. Nous sommes conscient qu'il s'agit d'une limite actuelle à notre proposition. Cependant, nous estimons que l'intégration progressive d'outils tels que les plates-formes de gestion de documents au sein des structures constituent un premier pas vers un partage plus large des informations produites par chacun des intervenants.

Par ailleurs, nous soulignons que l'introduction d'un nouvel outil dans une structure est toujours soumise à une résistance au changement. Il convient dès lors d'accompagner les acteurs dans le changement qui s'opère. La participation active des acteurs à la spécification de l'outil peut par exemple constituer un facteur positif pour son appropriation.

Une perspective concrète de notre réflexion prospective sera bientôt mise en oeuvre dans un projet de recherche appliquée (débutant courant 2009). Il s'agit, sur base de notre proposition de critères de confiance, d'implémenter un nouveau tableau de bord transférable au secteur. Celui-

ci reposera sur un sous-ensemble de critères de confiance relatif aux dimensions du contexte de coopération actuellement gérées dans les deux services logiciels CRTI-weB (Compte-rendu et gestion des documents). Nous envisageons donc de réaliser un nouveau service logiciel "tableau de bord" dont l'objet sera de fournir au coordinateur-pilote des indicateurs de confiance relatifs à un contexte de coopération construit exclusivement à partir des outils CRTI-web. Sur base de la méthodologie résultant de notre travail de thèse, les critères de confiance particuliers seront construits et validés dans de nouveaux groupes de travail avec des professionnels déjà utilisateurs des outils CRTI-weB existants.

5. Du point de vue de l'expérimentation

L'expérimentation menée pour la validation de notre proposition montre certaines limites. Celles-ci ont été précédemment soulignées (voir section 7.4), nous y revenons succinctement ci-dessous.

La première limite relève du champ de l'expérimentation. En effet, l'expérimentation conduite avait pour objectif de recueillir des retours utilisateurs sur les aspects fonctionnels et ergonomiques de l'interface. Aussi, cette expérimentation ne valide que partiellement la méthode proposée pour le calcul de la confiance. Les critères qui déterminent la valeur de la confiance ont fait l'objet d'une enquête auprès de professionnels. Celle-ci constitue dès lors une première phase de validation.

En outre, nombre d'éléments relatifs au caractère intrinsèque de notre protocole expérimental constituent des limites. En effet, la durée limitée de l'expérimentation et le nombre restreint des sujets expérimentaux en constituent les premières. De plus, notre expérimentation repose sur un scénario recomposé, et non pas sur une situation réelle de chantier. Enfin, le prototype n'intègre pas d'interface spécifique pour la saisie des niveaux d'importance de chacun des types de confiance spécifique.

Aussi, bien que les retours exprimés par les sujets expérimentaux soient globalement positifs, et nous confortent dans l'intérêt de la représentation de la confiance comme support à la coordination, ces limites nous obligent à rester prudent sur nos conclusions définitives. Nous considérons qu'une expérimentation dans un cadre de projet réel sur base d'un prototype intégrant tous les aspects de la proposition nous permettrait d'appuyer nos conclusions définitives sur des bases plus solides.

Conclusion générale

Ce travail de thèse a effectué un rapprochement entre les outils d'assistance à la coordination et les concepts de la confiance. Il s'est focalisé sur une approche originale de la confiance centrée sur le « *bon déroulement de l'activité* » et a mis en évidence l'intérêt de la représentation de la confiance comme support à la coordination des chantiers de construction. Nous avons identifié les divers critères de la confiance parmi les informations présentes au sein d'un contexte de coopération. Puis, nous avons établi un modèle mathématique destiné à évaluer la confiance sur base des critères obtenus. L'ensemble a ensuite fait l'objet d'une implémentation au sein d'un

prototype destiné aux coordinateurs-pilotes de l'activité de chantier et dénommé Bat'iTrust. Ce prototype consiste en une interface multi-vues dont la navigation est guidée par un tableau de bord représentant des indicateurs de confiance dans les tâches de construction du chantier. La sélection par l'utilisateur d'un indicateur de confiance permet l'affichage d'une configuration de vues établie précisément pour la compréhension de la situation et l'analyse des informations relatives à la tâche de construction considérée. Enfin, nous avons procédé à la validation de notre proposition. Bien que notre phase d'expérimentation possède certaines limites, nous pensons avoir démontré le potentiel de la représentation de la confiance pour l'assistance à la coordination et nous estimons que les commentaires positifs exprimés par les sujets expérimentaux laissent présager de perspectives appliquées intéressantes à ce travail de recherche prospective.

Annexes

- Annexe 1** *Questionnaire 01 - Enquête sur le pilotage en phase de chantier de construction.*
- Annexe 2** *Analyse des résultats de l'enquête sur le pilotage en phase de chantier de construction.*
- Annexe 3** *Modèle du contexte de coopération.*
- Annexe 4** *Questionnaire 02 - Validation du prototype Bat'iTrust.*
- Annexe 5** *La configuration « Acteur ».*
- Annexe 6** *La configuration « Ouvrage ».*
- Annexe 7** *La configuration « Document »*

Annexe 1 : Questionnaire 01 - Enquête sur le pilotage en phase de chantier de construction

Questionnaire sur le pilotage en phase chantier

Ce questionnaire constitue une première étude des pratiques liées à la coordination de l'activité de construction, au cœur de notre futur projet « Pilotage ». Il est destiné à être complété par des pilotes de chantier et permettra d'identifier les informations nécessaires pour prévenir les risques de dysfonctionnement sur le chantier.

Ce questionnaire est structuré selon 5 aspects du suivi de chantier :

- La progression de l'activité,
- Les documents nécessaires à l'exécution,
- Les intervenants et leur performance,
- Les ouvrages et leur mise en œuvre.
- Les outils exploités.

1. VOS COORDONNEES

Nom :

Organisme :

Prénom :

Email :

Architecte

Ingénieur

Entreprise de construction

Coordinateur

Autre Spécifiez :

2. LA PROGRESSION DE L'ACTIVITE DE CHANTIER

En tant que pilote de chantier, les informations suivantes relatives à la progression de la tâche de construction vous semblent-elles importantes :

	Pas du tout	Peu	Beaucoup
Le fait que la tâche soit critique ou pas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
L'état de la tâche (Ex. En attente, en cours, en retard, en avance, Terminée)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
L'état de la (ou des) tâche(s) précédente(s)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Le fait que l'on puisse réduire ou non la durée de la tâche en fonction de sa nature, des propriétés des matériaux employés,...	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Le nombre de remarques sur la tâche dans le rapport de réunion	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Le nombre de rappels suite à une remarque sur la tâche dans le rapport de réunion	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Le nombre de remarques sur la tâche dans le rapport de réunion ayant une priorité élevée	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Le fait que la tâche puisse être concernée ou non par les intempéries	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Si d'autres informations relatives à la progression de la tâche de construction vous semblent importantes, pourriez-vous les indiquer ci-dessous?

3. LES DOCUMENTS NECESSAIRES A L'EXECUTION

En tant que pilote de chantier, les informations suivantes relatives aux documents nécessaires à l'exécution vous semblent-elles importantes :

	Pas du tout	Peu	Beaucoup
L'état de ces documents (Ex. En cours de modification, en cours de validation, validé, bon pour exécution,...)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
La présence sur chantier de ces documents	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
L'état des actions (modification, validation, demande de réaction) liées à ces documents (En cours, en attente, en retard, terminée)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Si d'autres informations relatives aux documents nécessaires à l'exécution vous semblent importantes, pourriez-vous les indiquer ci-dessous?

4. LES INTERVENANTS ET LEUR PERFORMANCE

En tant que pilote de chantier, les informations suivantes relatives aux intervenants impliqués dans l'exécution (architecte, ingénieur, entreprise) vous semblent-elles importantes :

	Pas du tout	Peu	Beaucoup
Les compétences « reconnues » de ces intervenants (Certifications,...)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Les retours issus des expériences antérieures avec ces intervenants sur d'autres chantiers	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
La réactivité de ces intervenants	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
La présence de ces intervenants aux réunions de chantier	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Si d'autres informations relatives aux intervenants impliqués dans l'exécution vous semblent importantes, pourriez-vous les indiquer ci-dessous?

5. LES OUVRAGES ET LEUR MISE EN ŒUVRE

En tant que pilote de chantier, les informations suivantes relatives aux ouvrages à construire vous semblent-elles importantes :

	Pas du tout	Peu	Beaucoup
La difficulté de mise en œuvre de ces ouvrages	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Les modifications de ces ouvrages à construire par rapport à ce qui a été prévu dans le cahier des charges initial	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
La disponibilité des matériaux nécessaires à l'exécution de ces ouvrages	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Si d'autres informations relatives aux ouvrages à construire vous semblent importantes, pourriez-vous les indiquer ci-dessous?

6. LES DOCUMENTS EXPLOITES SUR LE CHANTIER

Pourriez-vous cocher les documents que vous utilisez lors de la phase de chantier ?

Plans d'exécution	<input type="checkbox"/>
Maquette numérique	<input type="checkbox"/>
Comptes-rendus de réunion de chantier	<input type="checkbox"/>
Planning Gantt	<input type="checkbox"/>
Planning Pert	<input type="checkbox"/>
Cahier des charges	<input type="checkbox"/>
Liste des modifications par rapport au cahier des charges initial	<input type="checkbox"/>
Rapport d'évaluation de la performance	<input type="checkbox"/>
Liste des documents à jour	<input type="checkbox"/>
Liste de transmission des documents	<input type="checkbox"/>
Documentation technique	<input type="checkbox"/>

Si vous utilisez d'autres types de document lors de la phase de chantier, pourriez-vous les indiquer ci-dessous ?

7. LES OUTILS EXPLOITES SUR LE CHANTIER

Pourriez-vous cocher les outils informatisés que vous utilisez lors de la phase de chantier ?

Outil de traitement de texte	<input type="checkbox"/>
Tableur	<input type="checkbox"/>

Outil de CAO	<input type="checkbox"/>
Outils de planification	<input type="checkbox"/>
Plate-forme d'échange de plans	<input type="checkbox"/>
Outil d'évaluation de la performance	<input type="checkbox"/>
Tableau de bord de gestion de projet	<input type="checkbox"/>
Outil de simulation (Thermique, structure,...)	<input type="checkbox"/>
Outil de simulation 4D (Vue 3D mise en relation avec le planning)	<input type="checkbox"/>

Si vous utilisez d'autres types d'outils lors de la phase de chantier, pourriez-vous les indiquer ci-dessous ?

Merci pour votre collaboration.

Vous pouvez transmettre ce formulaire complété à l'attention de M^{lle} Annie Guerriero.

Annexe 2 : Analyse des résultats de l'enquête sur le pilotage en phase de chantier de construction

1. Résultats d'enquête : La progression de l'activité de chantier

Voir Questionnaire 01 (Annexe 1) Section 2.

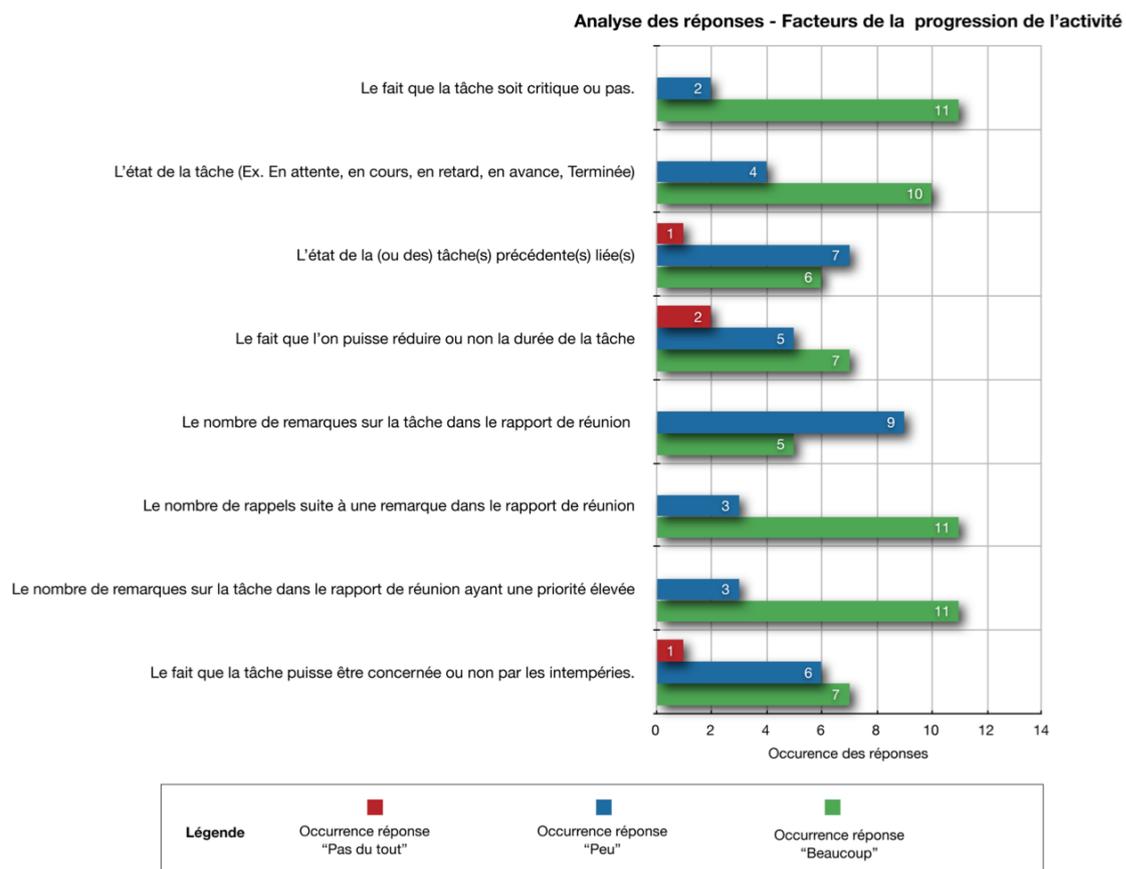


Figure 120. Résultats d'enquête : Progression de l'activité

2. Résultats d'enquête : Les documents nécessaires à l'exécution

Voir Questionnaire 01 (Annexe 1) Section 3.

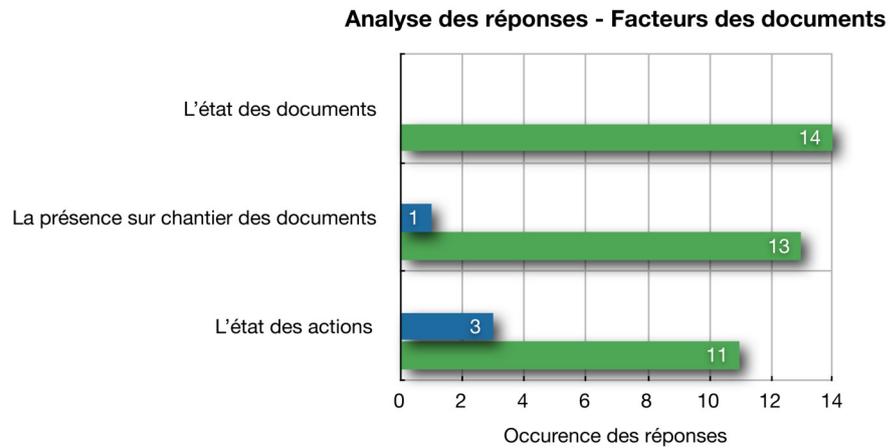


Figure 121. Résultats d'enquête : Documents

3. Les intervenants et leur performance

Voir Questionnaire 01 (Annexe 1) Section 4.

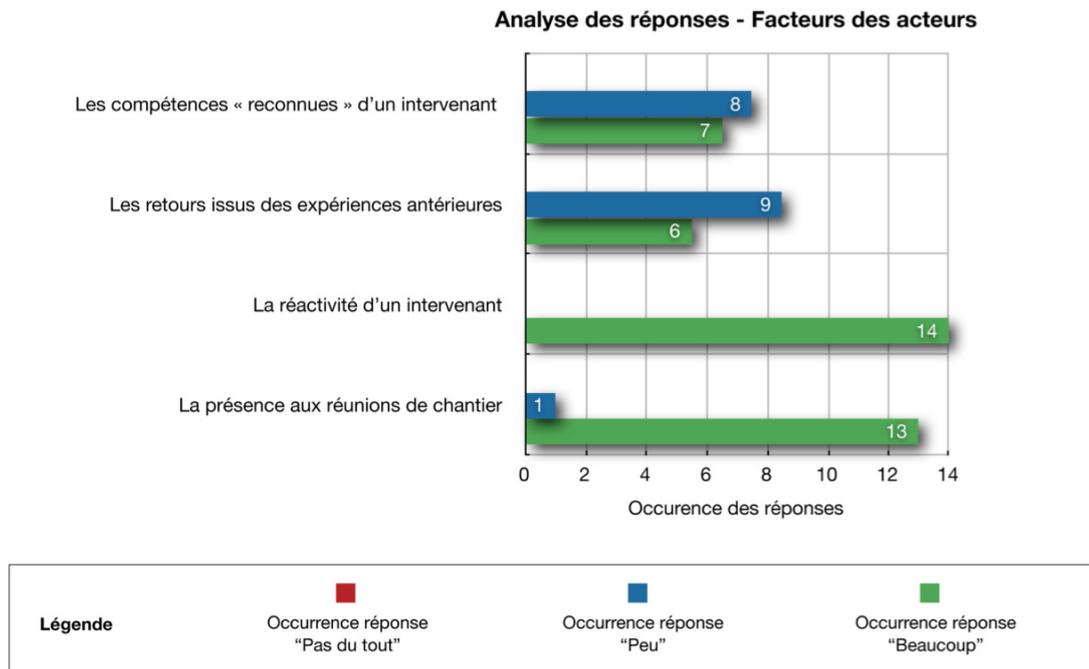


Figure 122. Résultat d'enquête – Acteur

4. Les ouvrages et leur mise en oeuvre

Voir Questionnaire 01 (Annexe 1) Section 5.

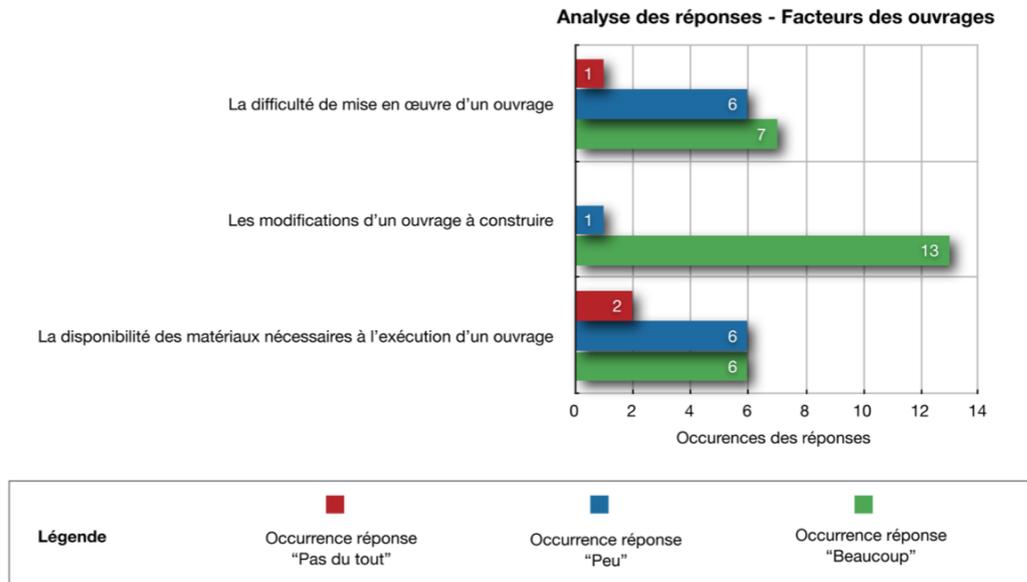


Figure 123. Résultats d'enquête : Ouvrages

5. Les documents exploités lors de la phase de chantier

Voir Questionnaire 01 (Annexe 1) Section 6.

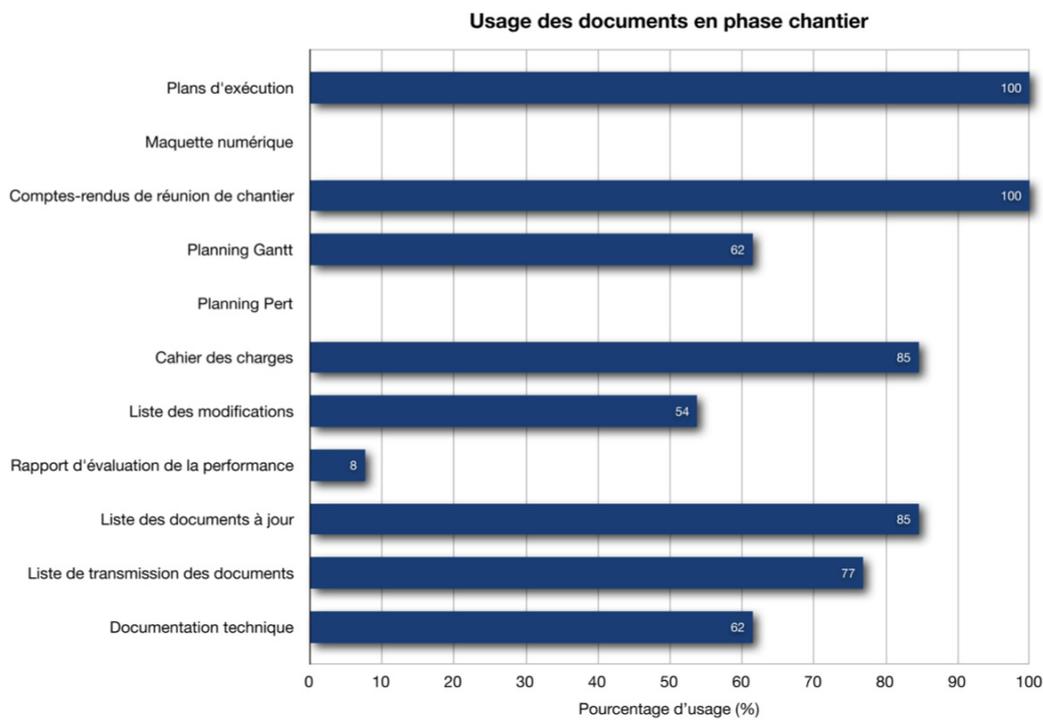


Figure 124. Résultats d'enquête : Usage des documents

6. Les outils exploités lors de la phase de chantier

Voir Questionnaire 01 (Annexe 1) Section 7.

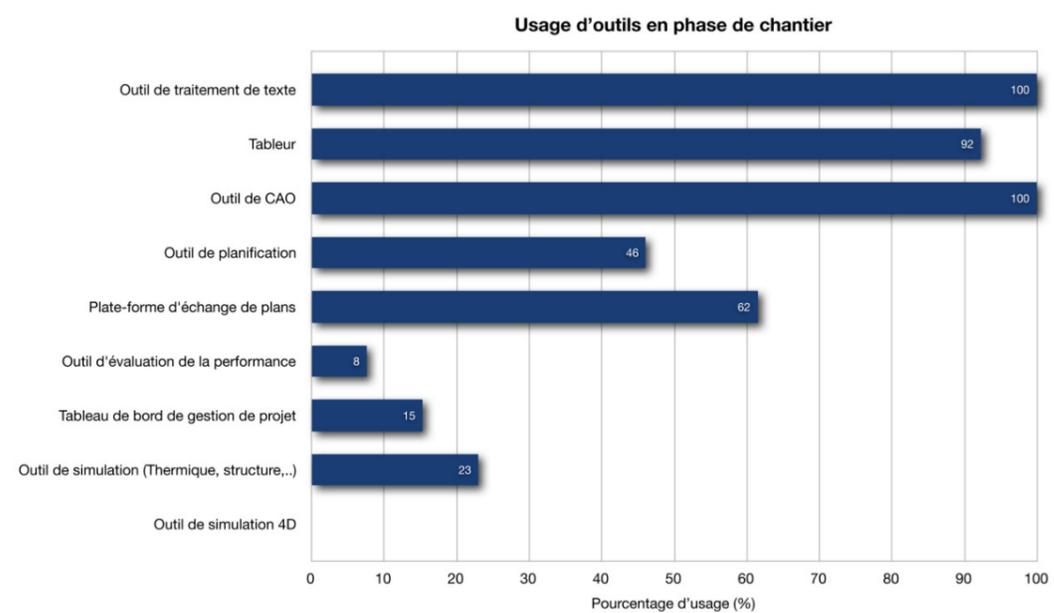


Figure 125. Résultats d'enquête : Usage des outils

Annexe 3. Modèle du contexte de coopération

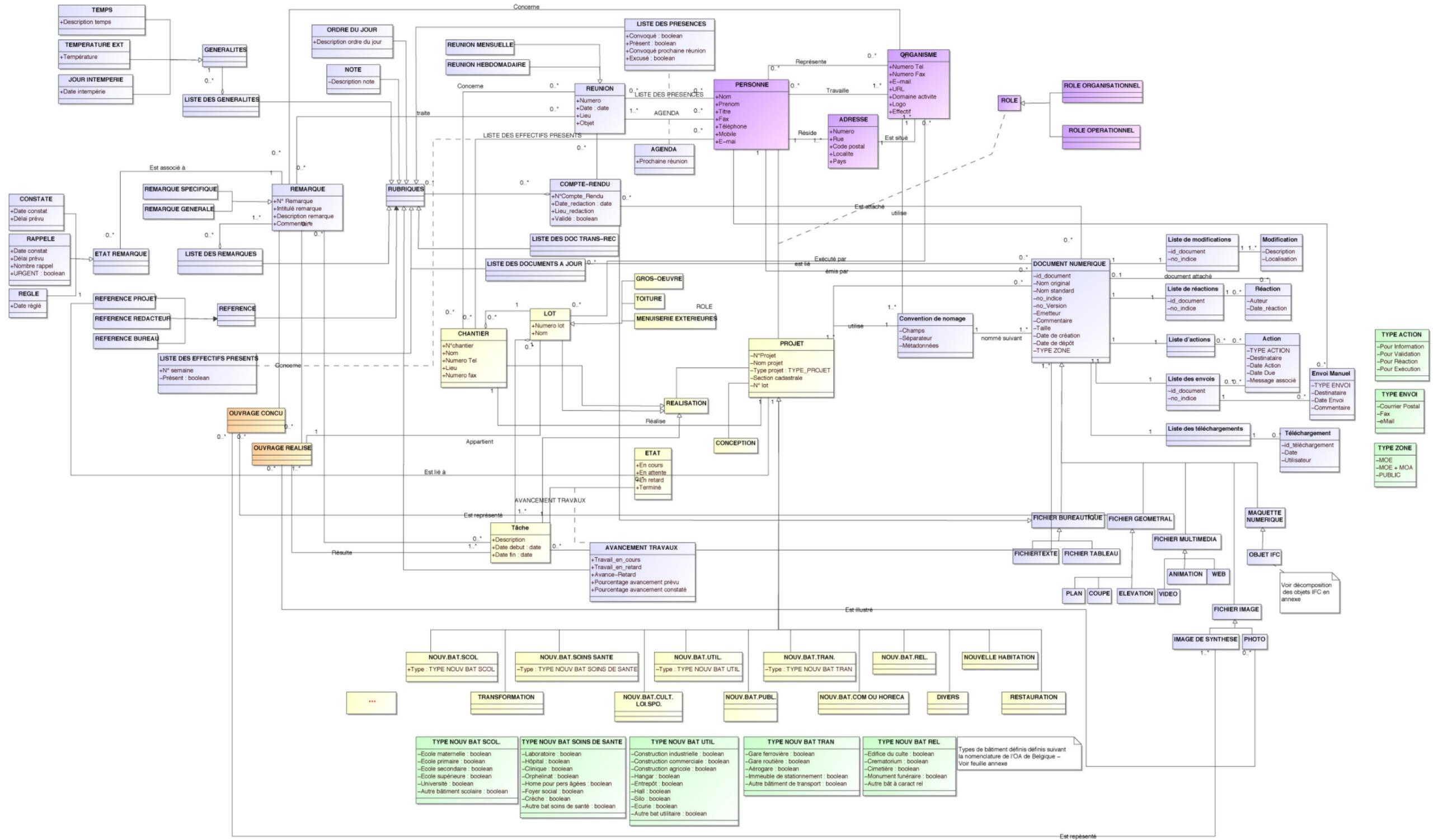


Figure 126. Extrait du modèle du contexte de coopération (M1) – Services logiciels CRTI-web

Annexe 4. Questionnaire 02 - Validation du prototype Bati'Trust



Centre de Recherche en Architecture et Ingénierie

Questionnaire :

« Validation du prototype Bat'iTrust V0.1. »

Date de l'expérimentation :

Nom de l'utilisateur :

Activité professionnelle :

1. Validation fonctionnelle

Suite à l'utilisation du prototype Bat'iTrust, nous souhaitons recueillir vos retours.

		Fortement d'accord				Fortement en désaccord
Tableau de bord						
1	Le tableau de bord oriente efficacement ma navigation dans l'application Bat'iTrust.	<input type="checkbox"/>				
2	Les divers indicateurs de confiance me semblent pertinents pour assurer le suivi du chantier.	<input type="checkbox"/>				
3	La représentation de la confiance sous forme d'étoiles me paraît explicite.	<input type="checkbox"/>				
4	La mise en relation d'un indicateur de confiance avec un point de vue particulier me semble intéressante pour assurer le suivi de mon chantier.	<input type="checkbox"/>				
Point de vue « Progression de l'activité »						
5	Les informations présentées dans le point de vue « Progression de l'activité » me semblent explicites.	<input type="checkbox"/>				
6	Les informations présentées dans la vue « Progression de l'activité » me fournissent une bonne synthèse sur l'état d'avancement de la tâche de construction considérée.	<input type="checkbox"/>				

Point de vue « Acteur »						
7	Les informations présentées dans le point de vue « Acteur » me semblent explicites.	<input type="checkbox"/>				
8	Les fenêtres du point de vue « Acteur » me fournissent une bonne synthèse sur l'organisme chargé de l'exécution de la tâche de construction considérée.	<input type="checkbox"/>				
Point de vue « Ouvrage »						
9	Les informations présentées dans le point de vue « Ouvrage » me semblent explicites.	<input type="checkbox"/>				
10	Les fenêtres du point de vue « Ouvrage » me fournissent une bonne synthèse sur l'ouvrage à exécuter.	<input type="checkbox"/>				
Point de vue « Document »						
11	Les informations présentées dans le point de vue « Document » me semblent explicites.	<input type="checkbox"/>				
12	Les fenêtres du point de vue « Document » me fournissent une bonne synthèse sur les documents nécessaires à l'exécution de la tâche de construction considérée.	<input type="checkbox"/>				
L'application Bat'iTrust						
13	L'usage de l'application Bat'iTrust me permet facilement de mettre en relation les données des différents documents (ex. planning, compte-rendu,...).	<input type="checkbox"/>				
14	L'usage de l'application Bat'iTrust faciliterait le suivi et la coordination de mes chantiers.	<input type="checkbox"/>				
15	Je serai prêt(e) à utiliser Bat'iTrust dans le cadre de mes projets de construction.	<input type="checkbox"/>				

Vous pouvez, si vous le souhaitez, nous faire part de vos remarques ou suggestions ci-dessous :

2. Perspectives fonctionnelles

		Fortement d'accord				Fortement en désaccord
Perspectives						
1	Je souhaiterais pouvoir identifier l'évolution des indicateurs de confiance entre 2 connexions à Bat'iTrust.	<input type="checkbox"/>				

2	Je trouverais intéressant que les tâches du tableau de bord soient organisées selon les différents lots.	<input type="checkbox"/>				
3	Je trouverais intéressant de pouvoir associer un commentaire à une tâche du tableau de bord afin de conserver une trace de ma navigation dans l'application.	<input type="checkbox"/>				
4	Je souhaiterais pouvoir moi-même organiser, paramétrer la composition des points de vue.	<input type="checkbox"/>				

Vous pouvez, si vous le souhaitez, nous faire part de vos remarques ou suggestions ci-dessous :

3. Validation de l'utilisabilité du prototype

		Fortement d'accord			Fortement en désaccord		
1	L'application Bat'iTrust me semble intéressante.	<input type="checkbox"/>					
2	Il est difficile de naviguer dans Bat'iTrust.	<input type="checkbox"/>					
3	Je trouve rapidement l'information que je recherche dans Bat'iTrust.	<input type="checkbox"/>					
4	Bat'iTrust me semble logique.	<input type="checkbox"/>					
5	Bat'iTrust nécessite des explications introductives.	<input type="checkbox"/>					
6	L'interface de Bat'iTrust est très attractive.	<input type="checkbox"/>					
7	L'application Bat'iTrust m'apparaît trop lente.	<input type="checkbox"/>					
8	Dans cette application, je trouve aisément ce que je recherche.	<input type="checkbox"/>					
9	La navigation dans Bat'iTrust me semble complexe voire problématique.	<input type="checkbox"/>					
10	Je n'aime pas utiliser l'application Bat'iTrust.	<input type="checkbox"/>					
11	J'ai le sentiment que l'application Bat'iTrust est efficace.	<input type="checkbox"/>					
12	Il est difficile de dire si cette application est adaptée à mon activité.	<input type="checkbox"/>					

13	Après une première utilisation, Bat'iTrust me semble relativement simple.	<input type="checkbox"/>				
14	J'ai noté quelques problèmes lors de l'utilisation de Bat'iTrust.	<input type="checkbox"/>				
15	J'ai des difficultés à m'orienter dans Bat'iTrust.	<input type="checkbox"/>				
16	Je considère qu'utiliser cette application est une perte de temps.	<input type="checkbox"/>				
17	Ce que j'obtiens lorsque je clique sur des éléments de l'interface me semble cohérent.	<input type="checkbox"/>				
18	Tout m'apparaît simple à comprendre dans cette application.	<input type="checkbox"/>				

Vous pouvez, si vous le souhaitez, nous faire part de vos remarques ou suggestions ci-dessous :

Annexe 5. La configuration « Acteur »



Figure 127. La configuration "Acteur"

1. Le modèle des données de la vue « Bat'Graph »

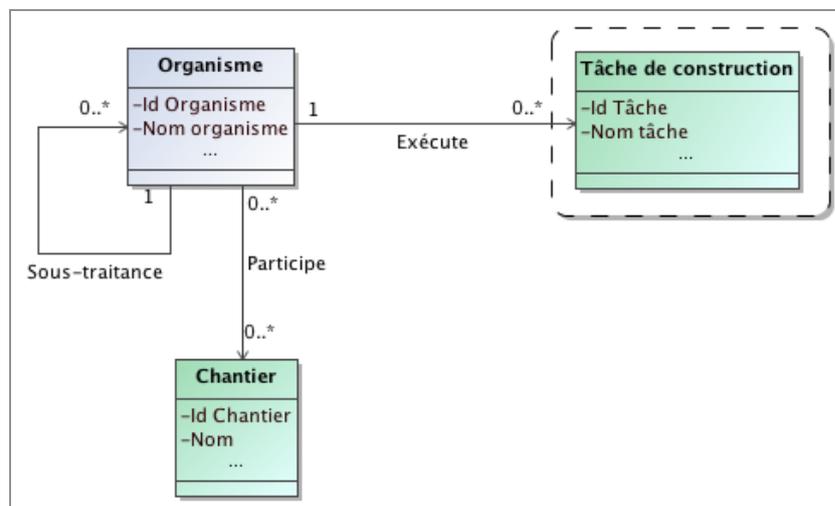


Figure 128. Modèle des données de la vue "Bat'Graph"

2. Le modèle des données de la vue « Evaluation »

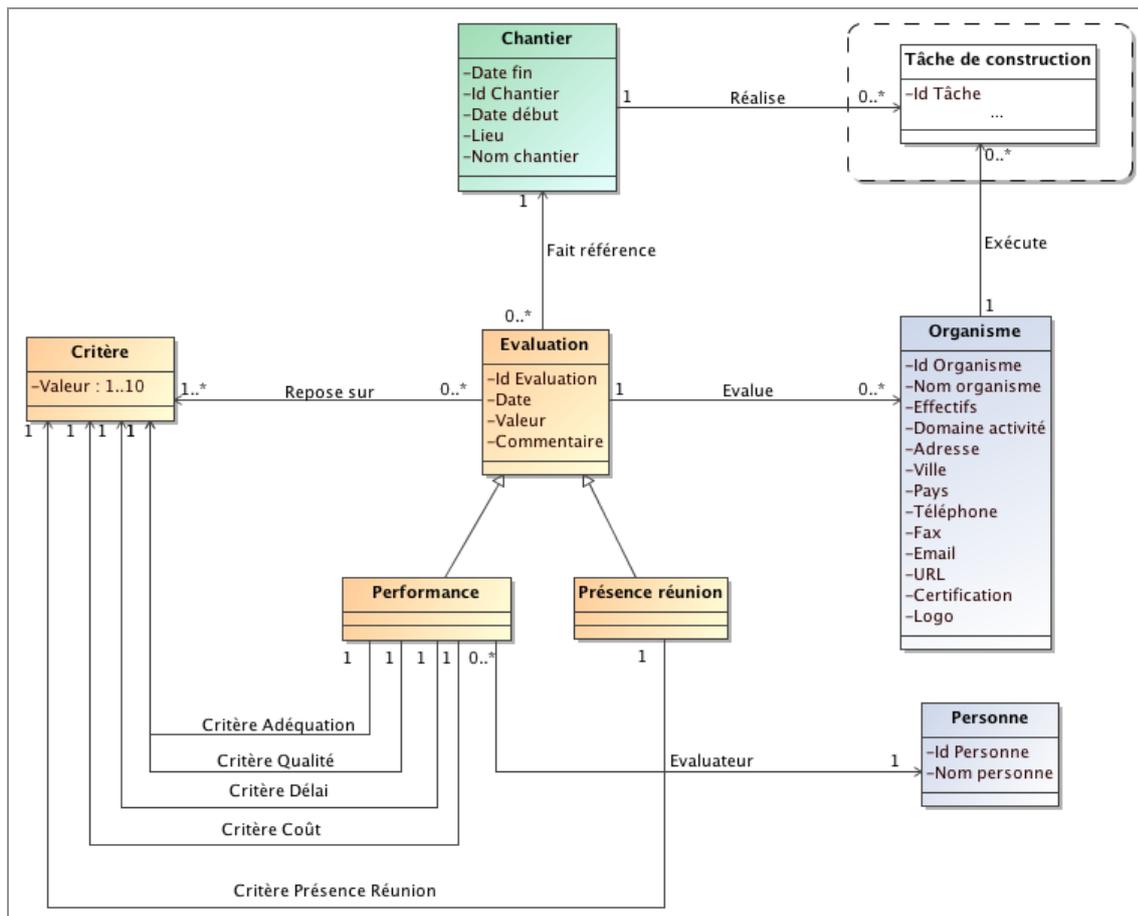


Figure 129. Modèle des données de la vue "Evaluation"

Annexe 6. La configuration « Ouvrage »

Maquette Numérique Terrassement

oX : -449620 oY : 306315 oZ : -1678007 NbComposant : 14 ElSelected : Aucun



Suivi du budget Terrassement

N°	Ouvrages	Montant du marché	Supplément	Avancement précédent (%)	Avancement en cours (%)	Montant du mois
1	1ère partie - Fondations Massifs et fûts	10000	0	0.00	100.00	10000
2	1ère partie - Fondation longrine	20000	0	0.00	100.00	20000
3	1ère partie - Plateforme	5000	0	0.00	0.00	0
4	1ère partie - Réseaux	5500	0	0.00	0.00	0
5	1ère partie - Dallage	3000	0	0.00	0.00	0
6	2ème partie - Fondations Massifs et fûts	10000	0	0.00	100.00	10000
7	2ème partie - Fondation longrine	20000	0	0.00	100.00	20000
8	2ème partie - Plateforme	5500	0	0.00	20.00	1100
9	2ème partie - Réseaux	5500	0	0.00	0.00	0

Liste des modifications Terrassement

Ouvrages concernés	Description du problème	Origine/cause	St
1ère partie - Fondations Massifs et fûts, 1ère partie - Fondation longrine	Modification terrassement et fondations	La zone 1 ne peut être exécutée dans sa totalité tant que le bâtiment	Commencer la

Figure 130. La configuration "Ouvrage"

1. Le modèle des données de la vue « Maquette numérique »

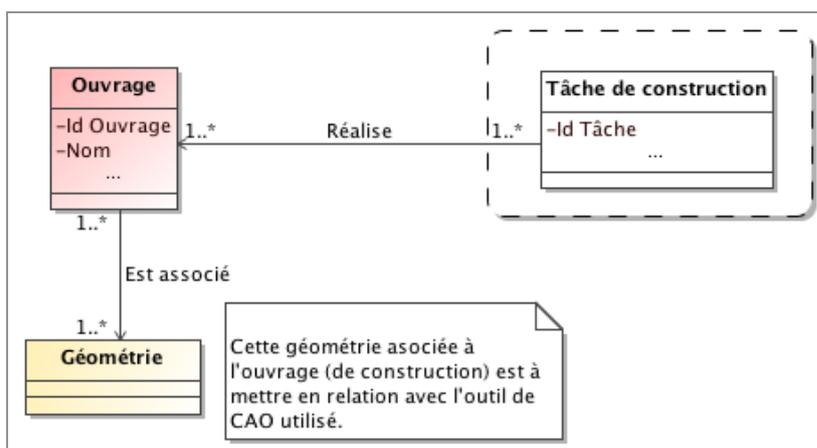


Figure 131. Le modèle des données de la vue "Maquette numérique"

Remarque :

La vue « maquette numérique » propose une visualisation 3D des ouvrages de construction. Cette vue aurait pu exploiter le modèle IFC (voir section 3.1.1) qui permet de décrire les ouvrages de construction. Si le modèle IFC est sans aucun doute le plus adapté à notre besoin, il s'est avéré complexe à mettre en œuvre au sein d'une interface Web telle que la nôtre. Aussi, pour l'implémentation de la vue 3D au sein de Bat'iTrust, notre choix technologique s'est tourné vers le format Collada (COLLaborative Design Activity), un format d'échange pour les applications 3D qui repose sur le formalisme XML qui peut être généré à partir de 3DSMax (Beurné 2008; Goergen 2008).

2. Le modèle des données de la vue « Suivi du budget »

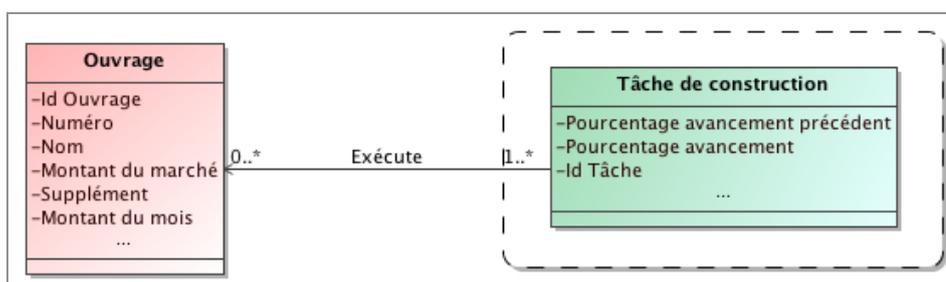


Figure 132. Le modèle des données de la vue "Suivi du budget"

3. Le modèle des données de la vue « Liste des modifications »

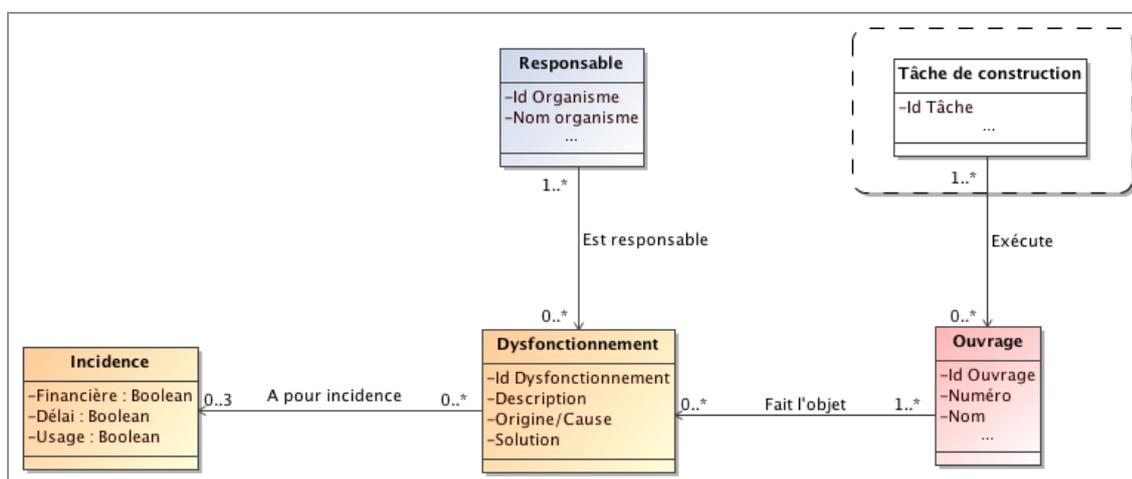


Figure 133. Le modèle des données de la vue "Liste des modifications"

4. Le modèle des données de la vue « Description de l'ouvrage »

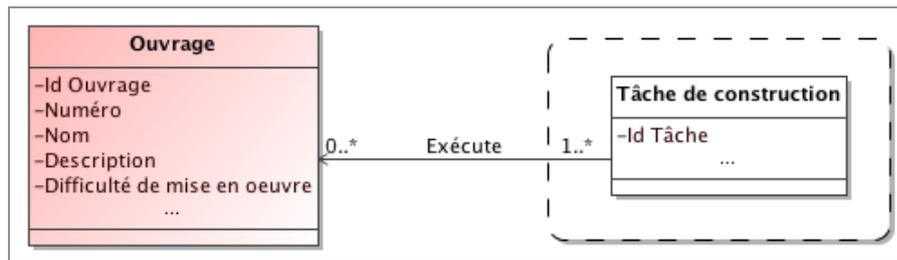


Figure 134. Le modèle des données de la vue "Description de l'ouvrage"

Annexe 7. La configuration « Document »

L'arrangement de vues spécifique aux documents est constitué des vues suivantes (voir Figure 135) :

- « Gestion des plans »,
- « Suivi des actions »,
- « Suivi des réactions ».

Gestion des plans							
Terrassement							
Nom	Description	Emetteur	Date de dépôt	Etat	Exéc.	Info.	Valid.
PL_T_PDE_DE_SC_01_010_C.pdf	Zone 1 - Coffrage Fondations	ATM est	09/06/07	Bon pour exécution	●		
PL_T_PDE_DE_BW_01_011_C.pdf	Zone 1 - Ferrallage Fondations	ATM est	04/06/07	Bon pour exécution	●		
PL_T_PDE_DE_SC_02_020_C.pdf	Zone 1 - Repérage coffrage fondations	ATM est	10/06/07	Bon pour exécution	●		
PL_T_PDE_DE_BW_02_021_0.pdf	Zone 1 - Ferrallage Fondations	ATM est	10/06/08	Bon pour exécution	●		
PL_T_PDE_DE_00_01_201_A.pdf	Zone 1 Structure primaire Solivage	Englobe	09/06/07	En cours de validator			●
PL_T_PDE_SN_00_01_202_A.pdf	Zone 1 Elevations Coupes Plan charpente	Englobe	05/05/07	En cours de validator			●
PL_T_PDE_AN_00_01_204_B.pdf	Zone 1 Pignons est et ouest	Englobe	05/05/07	En cours de validator			●
PL_T_PDE_TO_00_02_301_A.pdf	Zone 1 Plancher et toiture	Englobe	09/06/07	En cours de validator			●

Suivi des Actions							
Terrassement							
Type	Nom Standard	Emetteur	Recepteur	Date due	Etat	Relance	
Validation	PL_T_PDE_DE_00_01_201_A	Englobe	Courtignies,ATM est,Sotec	25/06/07	●	0	
Validation	PL_T_PDE_SN_00_01_202_A	Englobe	Courtignies,ATM est,Sotec	19/05/07	●	3	
Validation	PL_T_PDE_AN_00_01_204_B	Englobe	Courtignies,ATM est,Sotec	19/05/07	●	3	
Validation	PL_T_PDE_TO_00_02_301_A	Englobe	Courtignies,ATM est,Sotec	25/06/07	●	0	
Validation	PL_T_PDE_AN_00_02_302_A	Englobe	Courtignies,ATM est,Sotec	25/06/07	●	0	
Validation	PL_T_PDE_SN_00_02_303_A	Englobe	Courtignies,ATM est,Sotec	25/06/07	●	0	
Validation	PL_T_PDE_DE_00_02_304_A	Englobe	Courtignies,ATM est,Sotec	25/06/07	●	0	
Validation	PL_T_PDE_DE_00_01_218_A	Englobe	Courtignies,ATM est,Sotec	25/06/07	●	0	
Validation	PL_T_PDE_AN_00_01_010_A	Hans Teirrak	Courtignies,ATM est,Sotec,Er	25/06/07	●	0	

Suivi des réactions			
Terrassement			
Nom standard	Emetteur	Date due	Description
PL_T_PDE_SN_00_01_202	Courtignies	12/05/07	Revoir le détail de jonction bois / béton.
PL_T_PDE_TO_00_02_301	ATM est	14/05/07	Mettre à jour les documents selon les nouvelles contraintes de circulation
PL_T_PDE_TO_00_02_301	Englobe	15/05/07	Modifications nécessaires selon les charges sur dallage (voir indication sur plan)
PL_T_PDE_EG_SA_01_02	Sotec	25/06/07	Indiquer sur chacune des portes s'il s'agit de porte P.F. ou C.F.
PL_T_PDE_EG_CH_02_10	Courtignies	05/05/07	Structurer les réservations selon les différentes zones.
PL_T_PDE_EG_CH_02_10	ATM est	05/05/07	Structurer les réservations selon les différentes zones.

Figure 135. La configuration "Document"

1. Le modèle des données de la vue « Gestion des plans »

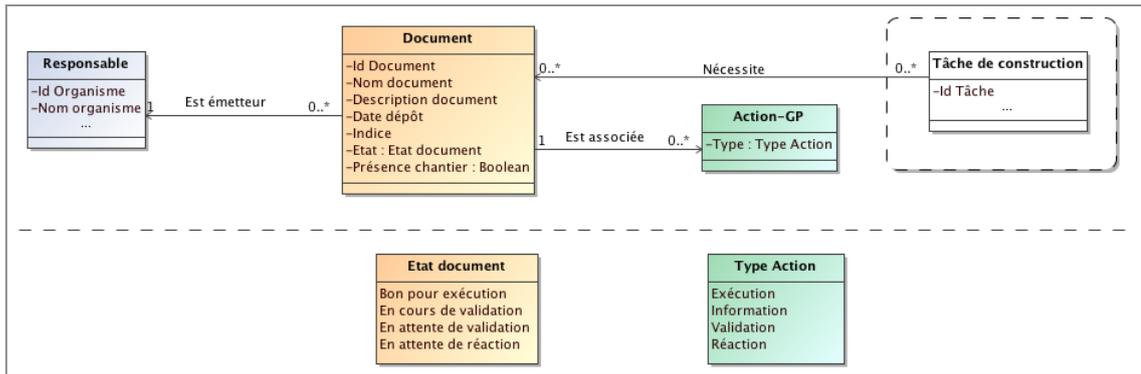


Figure 136. Le modèle des données de la vue "Gestion des plans"

2. Le modèle des données de la vue « Suivi des actions »

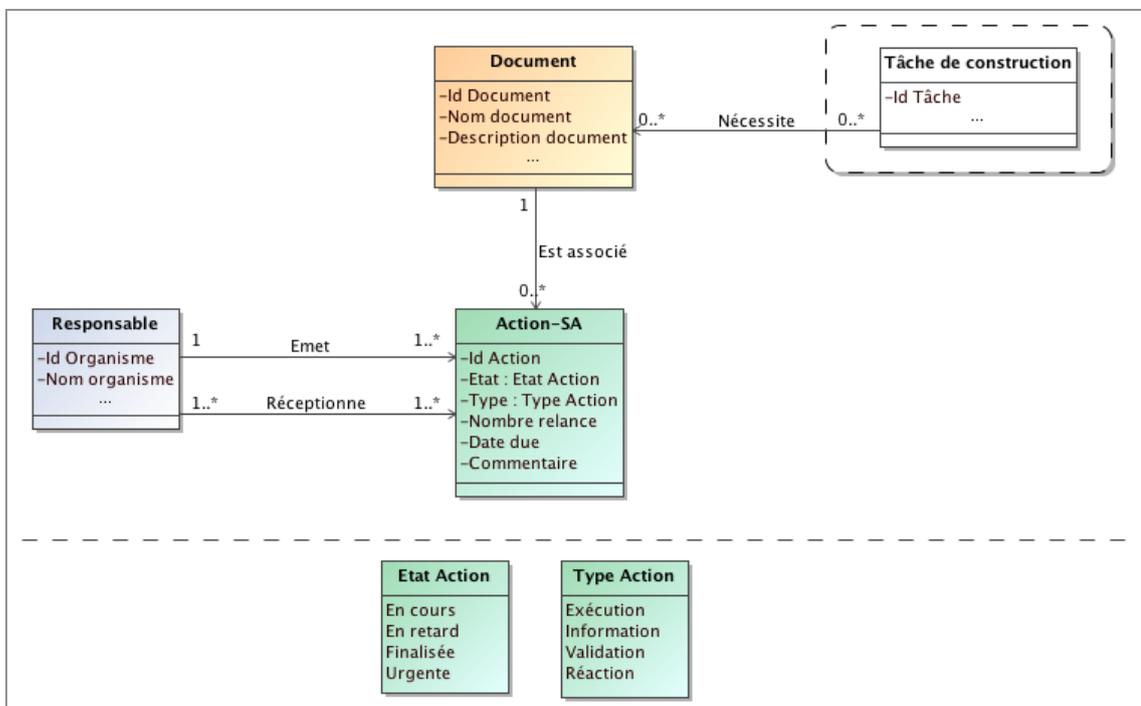


Figure 137. Le modèle des données de la vue "Suivi des actions"

3. Le modèle des données de la vue « Suivi des réactions »

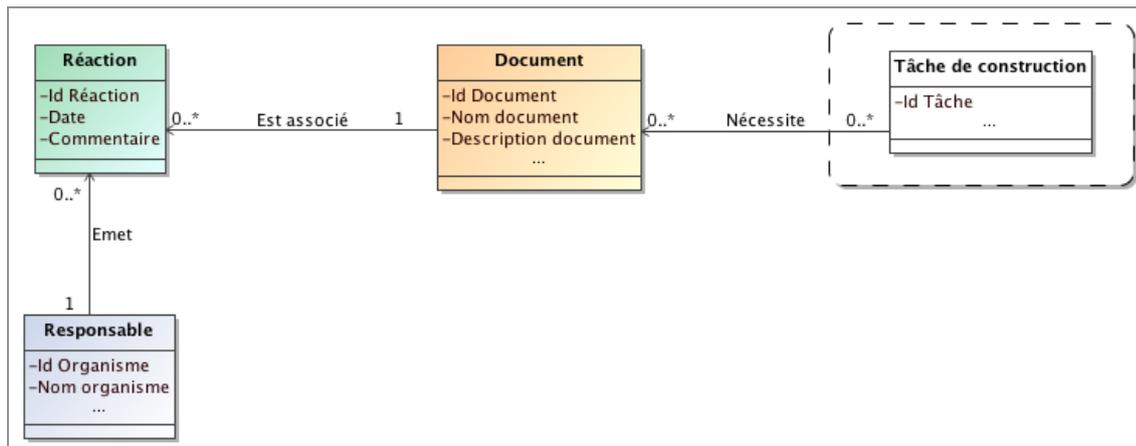


Figure 138. Modèle des données de la vue "Suivi des réactions"

Références bibliographiques

- Aalami, F. and Fischer, M. (1998). "Joint Product and Process Model Elaboration Based on Construction Method Models". CIB Working conference, June 3-5, 1998, Stockholm, Sweden.
- Abrahamsson, P., Salo, O., Ronkainen, J. and Warsta, J. (2002). "Agile software development methods, Review and analysis". University of Oulu, Oulu, Finland.
- Adams, B. D. (2005). "Trust vs. Confidence". Defence Research and Development Canada - Toronto, Toronto.
- Alda, S., Bilek, J., Cremers, A. B. and Hartmann, D. (2006). "Awareness and workflow based coordination of networked co-operations in structural design". *ITcon Electronic Journal of Information Technology in Construction*, 11, 489-507.
- Alquier, A.-M. B. and Tignol, M.-H. L. (2007). "Management de Risques et Intelligence Economique, L'approche Prima", Ed. L'intelligence économique. Paris, Economica.
- Andersen, P. B., Cartensen, P. H. and Nielsen, M. (2000). "Dimensions of coordination". LAP 2000. The fifth international workshop on the language-action perspective on communication modelling, 14-16 september 2000, Aachen, Germany.
- Antill, J. M. and Woodhead, R. W. (1990). "Critical Path Method in Construction Practice, 4th edition", Ed., John Wiley & Sons.
- Armand, J., Raffestin, Y., Couffignal, D., Dugaret, B. and Péqueux, G. (2003). "Conduire son chantier, 7^{ème} édition", Ed. Collection Méthodes. Paris, Le Moniteur.
- Arslan, G., Kivrak, S., Birgonul, M. T. and Dikmen, I. (2008). "Improving sub-contractor selection process in construction projects: Web-based sub-contractor evaluation system (WEBSES)". *Automation in Construction*, 17(4), 480-488.
- Belmeziti, A. (2006). "Un tableau de bord dédié à l'activité de chantier". Master Modélisation et Simulation des Espaces Bâti. Université Henri Poincaré, CRAI, Nancy, 77 pp.
- Bennet, F. L. (2003). "The management of construction, A project life cycle approach", Ed. Oxford, Butterworth-Heinemann.
- Bensalma, A. (2008). "Analyse et proposition d'une Interface Homme-Machine dédiée à la gestion collaborative de documents". Master Design Global. Université Henri Poincaré, CRAI, Centre de Recherche en Architecture et Ingénierie, Nancy, 52 pp.
- Bertin, J. (1967). "Semiology of Graphics", Ed. The University of Wisconsin Press.

- Beurné, S. (2008). "Réalisation d'une application composite Web 2.0, Tableau de bord représentant la confiance dans l'activité collective dédié au suivi de projet de construction". UFR Mathématiques et Informatique, Nancy.
- Bézivin, J., Dupé, G., Jouault, F., Pitette, G. and Rougi, J. E. (2003). "First experiments with the ATL model transformation language: Transforming XSLT into XQuery". OOPSLA Workshop - 18th annual ACM SIGPLAN Conference on Object-Oriented Programming, System, Languages, and Application, October 26-30, 2003, Anaheim, California, USA.
- Bignon, J. C. (2002). "Modélisation, simulation et assistance à la conception-construction en architecture. Habilitation à Diriger les Recherches." Institut National Polytechnique de Lorraine., Ecole Doctorale IAE+M. CRAI, Nancy, 178 pp.
- Björk, B.-C. (1989). "Basic structure of a proposed building product model". *Computer-Aided Design*, 21(2), 71-78.
- Björk, B.-C. (2002). "The Impact of Electronic Document Management on Construction Information Management". CIB-W78 Conference, June 12-14, 2002, Aarhus School of Architecture.
- Bobroff, J. (1994). "La gestion de projet dans la construction", Ed. Presses de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, Enjeux, organisations, méthodes et métiers. Paris.
- Boon, S. D. and Holmes, J. G. (1991). "The dynamics of interpersonal trust: resolving uncertainty in the face of risk". In *Cooperation and Prosocial Behaviour*, Robert A. Hinde et Jo Groebel, Cambridge University Press, 190-211.
- Boone, A. (2007). "Gestion des risques dans la construction". Les dossiers du CSTC. N° 2/2007, Cahier n° 1. CSTC/BBRI, Bruxelles.
- Bouattour, M. (2005). "Assistance à la conception coopérative fondée sur la sémantique des ouvrages. Application au domaine du bois. Thèse de doctorat". Institut National Polytechnique de Lorraine, CRAI - Centre de Recherche en Architecture et Ingénierie, Nancy, 250 pp.
- Bougrain, F., Carassus, J. and Colombard-Prout, M. (2005). "Partenariat public-privé et bâtiment en Europe : quels enseignements pour la France?, Retour d'expériences du Royaume-Uni, d'Italie, du Danemark et de France ", Ed. Paris, Presses de l'école nationale des Ponts et chaussées.
- Boutinet, J.-P. (1990). "Anthropologie du projet", Ed. Presses Universitaires de France, Collection Psychologie d'Aujourd'hui. Paris.
- Brajeul, S. and Nossent, P. (2005). "Les signes de la qualité dans le bâtiment, Mieux les connaître pour mieux les utiliser : certifications, qualifications, classements..." Ed. Marne-la-Vallée, CSTB.
- Brousseau, E., Geoffron, P. and Weinstein, O. (1997). "Confiance, connaissances et relations inter-firmes". In *Economie de la connaissance et Organisation, Entreprises, territoires, réseaux*, Ed. B. Guilhon, P. Huard, Orillard M. et Zimmerman J.B, Paris, L'Harmattan, 402-433.
- Cabin, P. and Choc, B. (2005). "Les organisations, Etat des savoirs", Ed. Auxerre, Editions Sciences Humaines.
- Caldas, C. H. and Soibelman, L. (2003). "Automating hierarchical document classification for construction management information system". *Automation in Construction*, 12(4), 395-406.
- Callahan, M. T., Quackenbush, D. G. and Rowings, J. E. (1992). "Construction project scheduling", Ed. New York, McGraw-Hill.
- Carassus, J. (2003). "Construction : La mutation, De l'ouvrage au service", Ed. Paris, Presses de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées.
- Cerovsek, T. and Katranuschkov, P. (2005). "Active process model supported collaboration". CIB-W78, 22nd International Conference of Information Technology in Construction, 19-21 June 2005, Dresden, Germany.
- Chang, E., Dillon, T. and Hussain, F. K. (2006). "Trust and Reputation for Service-Oriented Environments, Technologies for Building Business Intelligence and Consumer Confidence", Ed. Chichester, John Wiley & Sons, Ltd.

- Chau, K., Anson, M. and Zhang, J. (2005). "4D dynamic construction management and visualization software". *Automation in Construction*, 14(4), 512-524.
- Chemillier, P. (2003). "Démarche qualité dans les entreprises du bâtiment", Ed. Saint-Denis La Plaine, AFNOR.
- Collier, E. and Fischer, M. (1995). "Four-Dimensional Modeling in Design and Construction". CIFE Technical Report -101. Stanford University, Stanford.
- Cook, K. S., Hardin, R. and Levi, M. (2005). "Cooperation without trust?" Ed. Karen S. Cook, Russel Hardin et Margaret Levi, Trust. New York, Russel Sage Foundation.
- Cstc. (2005). "Les portails de projet. La gestion collaborative électronique de documents dans le projet de construction". Rapport CSTC n°8. CSTC - Centre Scientifique et Technique de la Construction, Bruxelles.
- Dasgupta, P. (2000). "Trust as a Commodity". In *Trust: Making and Breaking Cooperative Relations*, electronic edition (<http://www.sociology.ox.ac.uk/papers/dasgupta49-72.pdf>), Ed. Diego Gambetta, Department of Sociology, University of Oxford, 49-72.
- David, B. (2001). "IHM pour les collecticiels". In *Réseaux et systèmes répartis*, Ed. Hermès, Paris, Guyennet, Hervé, 169-206.
- Davis, F. D. (1989). "Perceived usefulness, perceived ease of use and user acceptance of technology". *MIS Quarterly*, N° 3, Vol.13, 319-339.
- Dawes, R. (1994). "House of Cards: Psychology and Psychotherapy Built on Myth", Ed. New York, Free Press.
- Dbia. (1994). "The Design-Build Process : Utilizing Competitive Selection", Ed., Design-Build Institute of America.
- Debaveye, H. and Haxaire, P. (2005). "160 séquences pour mener une opération de construction, Quatrième édition, Des études préalables à l'achèvement de l'ouvrage, Actions techniques et démarches administratives", Ed. Paris, Editions du Moniteur.
- Debaveye, H., Pélegrin, F. and Terrin, J.-J. (1996). "10 outils pour la qualité dans le bâtiment", Ed. Le moniteur, Collection Méthodes. Paris.
- Debrune, J., Cutting-Decelle, A., Dabras, P. and Ferriès, B. (1996). "SIGMA : Proposition d'un modèle de référence pour les échanges de données dans le secteur de la Construction". *Plan Construction et Architecture*.
- Dehan, P. (1999). "Qualité architecturale et innovation. I. Méthode d'évaluation", Ed. Plan Urbanisme Construction Architecture, Programmer Concevoir. Paris.
- Dehand, L. (2005). "Rapport de Stage : Développement d'un questionnaire de suivi de compte-rendu". DESS Systèmes d'Information Distribuées. ISIAL (Institut Supérieur d'Informatique et d'Automatisme de Lorraine), Nancy, 80 pp.
- Dell, J. and Jizaoui, M. (2008). "Gestion d'un projet de construction". Notes de cours de Management de bureau et gestion de projets, Ordre des Architectes et des Ingénieurs-Conseils de Luxembourg.
- Deutsch, M. (1958). "Trust and suspicion". *Conflict resolution*, 2(4), 265-279.
- Deutsch, M. (1962). "Cooperation and Trust: Some Theoretical Notes". In *Nebraska Symposium on Motivation*, Ed. M.R. Jones, Nebraska, University of Nebraska Press, 275-320.
- Dorsey, R. W. (1997). "Project Delivery Systems for Building Construction", Ed., Associated General Contractors of America.
- Dourish, P. and Bellotti, V. (1992). "Awareness and Coordination in Shared Workspaces". *CSCW 92 Conference on Computer Supported Cooperative Work*, ACM Press, Toronto, Canada.
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R. and Liston, L. (2008). "BIM handbook, A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors", Ed. New Jersey, John Wiley & Sons, Inc.
- Eastman, C. M. (1999). "Building Product Models: Computer Environments Supporting Design and Construction", Ed. Boca Raton, Florida, CRC Press LLC.
- Eischen, R. (2008). "Management de bureau et gestion de projets pour architectes et ingénieurs-conseils, Etude de cas". Notes de cours de Management de bureau et gestion de projets, Ordre des Architectes et des Ingénieurs-Conseils.

- Ekstrom, M. (2004). "Accounting for Rater Credibility when Evaluating Construction Industry Service Providers, CIFE Technical Report # 148". Stanford University, Stanford.
- Ekstrom, M. A. and Bjornsson, H. C. (2002). "A rating system for AEC e-bidding that accounts for rater credibility". CIB-W65 Symposium, September 2002, Cincinnati, Ohio, USA.
- Ellis, C. and Wainer, J. (1994). "A conceptual model of groupware". CSCW'94, Chapel Hill, NC.
- Elmqvist, N. and Tsigas, P. (2005). "TrustNeighborhoods: Visualizing Trust in Distributed File Sharing Systems". Technical Report. Department of Computer Science & Engineering, Chalmers University of Technology and Göteborg University, Göteborg.
- Endsley, M. R. (1988). "Design and evaluation for situation awareness enhancement". Human Factors Society 32nd Annual Meeting, Human Factors Society, Santa Monica, CA.
- Endsley, M. R. (1995a). "Measurement of situation awareness in dynamic systems". *Human Factors*, 37(1), 65-84.
- Endsley, M. R. (1995b). "Toward a theory of Situation Awareness in Dynamic Systems". *Human Factors*, 37(1), 32-64.
- Endsley, M. R., Holder, L. D., Leibrecht, B. C., Garland, D. J., Wampler, R. L. and Matthews, M. D. (1999). "Modeling and Measuring Situation Awareness in the Infantry Operational Environment". US Army research Institute for the Behavioral and Social Sciences, Alexandria.
- Engeström, Y. (1987). "Learning by expanding: an activity-theoretical approach to developmental research", Ed. Orienta-Konsultit Oy, Helsinki.
- Evette, T. and Plais, D. (2001). "Incertitudes et dispositifs de confiance dans l'architecture d'entreprise". *Cahiers Ramau, Interprofessionnalité et action collective dans les métiers de la conception*, 2, 107-117.
- Fayol, H. (1918). "Administration industrielle et générale", Ed. Dunod Editions, Paris.
- Fernandez, A. (2005). "Les nouveaux tableaux de bord des managers. Le projet décisionnel dans sa totalité", Ed. Eyrolles, Editions d'Organisation. Paris.
- Ferries, B. and Bedrune, J.-P. (1997). "Présentation du modèle de données IFC, Rapprochement avec les modèles français". IAI-France.
- Fielding, R. T. (2000). "Architectural Styles and the Design of Network-based Software Architectures". Doctor of Philosophy in Information and Computer Science. University of California, Information and Computer Science, Irvine, 162 pp.
- Firat, C. E., Kiiras, J., Kähkönen, K. and Huovinen, P. (2007). "Model based scheduling in building projects - Is it oxymoron?" CIB-W78, 26-29.06.2007, Maribor, Slovenia.
- Flor, N. V. and Hutchins, E. (1991). "Analyzing distributed cognition in software teams: A case study of team programming during perfective software maintenance". ESP'91, The Fourth Annual Workshop on Empirical Studies of Programmers, Ablex Publishing, December 6-8, 1991, New Brunswick, New Jersey, USA.
- Forcada, N., Casals, M., Roca, X. and Gangodells, M. (2007). "Adoption of web databases for document management in SMEs of the construction sector in Spain". *Automation in Construction*, 16(4), 411-424.
- Gachet, A. and Brézillon, P. (2005). "A Context-Based Representation of Knowledge Flows in Dynamic Organizations". *Applying Context Management. RSTI Revue d'Intelligence Artificielle*, 19(3), 557-574.
- Gallaher, M. P., O'connor, A. C., Deetbarn, J. L. and Gilday, L. T. (2004). "Cost Analysis of Inadequate Interoperability in the U.S. Capital Facilities Industry". U.S. Department of Commerce Technology Administration, National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, Maryland.
- Gambetta, D. (2000). "Can we trust trust?" In *Trust: Making and Breaking Cooperative Relations*, electronic edition (<http://www.sociology.ox.ac.uk/papers/>), Ed. Diego Gambetta, Department of Sociology, University of Oxford, 213-237.
- Garcia, J.-P. and Grand, P. (2003). "De la maîtrise d'oeuvre en France, Constat et perspectives". Conseil général des ponts et chaussées, Paris.
- Giorgini, P., Massacci, F., Mylopoulos, J. and Zannone, N. (2005). "Modeling Social and Individual Trust in Requirements Engineering Methodologies". Third International Conference, iTrust 2005, May 2005, Paris, France.

- Godart, C., Halin, G., Bignon, J. C., Bouthier, C., Malcurat, O. and Molli, P. (2001). "Implicit or explicit coordination of virtual teams in building design". CAADRIA 2001, University of Sydney, Key Centre of Design Computing and Cognition.
- Godé-Sanchez, C. (2004). "Confiance et performance dans les organisations : l'impact des nouvelles technologies de l'information et de la communication." Colloque : les enjeux du management responsable, 18-19 juin 2004, Université Catholique de Lyon.
- Godier, P. (2001). "Coordination et coopération dans les grands projets urbains et architecturaux en France et en Espagne". In Cahier Ramau, Interprofessionnalité et action collective dans les métiers de la conception, Actes des rencontres du Réseau activités et métiers de l'architecture et de l'urbanisme, Ed. Thérèse Evette et Estelle Thibault, Paris, Editions de la Villette, 2, 64-74.
- Goergen, N. (2008). "Intégration d'une représentation 4D dans une interface riche : Bati4D". Université Nancy 2, Nancy, 60 pp.
- Grezes, D., Henry, E., Micquiaux, D. and Forgue, M. (1994). "Le compte-rendu de chantier. Rapport final de recherche". Plan Construction et Architecture, Grenoble.
- Guerriero, A. (2008). "Build-IT : Service Compte-rendu, Analyse des expérimentations". Rapport interne. Centre de Recherche Public Henri Tudor, Luxembourg.
- Guerriero, A., Absil, F. and Hanser, D. (2006). "Vers la coopération électronique dans le secteur luxembourgeois de la construction". d'hanwierk, 07/08, 16-18.
- Guerriero, A., Halin, G. and Kubicki, S. (2008a). "Integrating Trust Concepts in a Dashboard intended for the Building Construction Coordinator". CIB-W78, July 15-17, 2008, Santiago De Chile, Chile.
- Guerriero, A., Halin, G., Kubicki, S. and Beurné, S. (2008b). "A trust-based dashboard to manage building construction activity". ECPPM 2008, 2008 September, 10-12, Sophia-Antipolis, France.
- Guffond, J.-L. and Leconte, G. (2001). "Le pilotage d'activités distribuées : le cas du chantier". Sociologie du travail, 43, 197-214.
- Halin, G. (2004a). "Modèles et outils pour l'assistance à la conception. Application à la conception architecturale. Habilitation à Diriger les Recherches". Institut National Polytechnique de Lorraine., Ecole Doctorale IAE+M. CRAI, Nancy, 161 pp.
- Halin, G., Hanser, D., Otjacques, B. and Bignon, J.-C. (2004b). "A Scenario Approach to Validate and Demonstrate the Tool Usefulness in Cooperative Design". eCAADe 2004, September 15-18 2004, Copenhagen, Denmark.
- Hanrot, S. (2003). "Enjeux pour l'ingénierie de maîtrise d'oeuvre", Ed. Plan Urbanisme Construction Architecture, Pratiques de projet et ingénieries. Paris.
- Hanrot, S. (2005). "Les enjeux de la maîtrise d'oeuvre, Projet et Technologie". In Maîtres d'ouvrage, maîtres d'oeuvre et entreprises. De nouveaux enjeux pour les pratiques de projet, Jean-Jacques (sous la direction de) Terrin, Ed. Eyrolles et Plan Urbanisme Construction et Architecture PUCA, Paris, 49-63.
- Hanser, D. (2003). "Proposition d'un modèle d'auto coordination en situation de conception, application au domaine du bâtiment. Thèse de doctorat". Institut National Polytechnique de Lorraine, CRAI - Centre de Recherche en Architecture et Ingénierie, Nancy, 211 pp.
- Hardin, R. (2006). "Communautés et réseaux de confiance". In Les moments de la confiance, Ed. Albert Ogien et Louis Quéré, Paris, Economica, 89-108.
- Henry, E. (1990). "Charte de la qualité de la construction en Isère". Ministère de l'Equipement, Plan Construction et Architecture, Grenoble.
- Hollingsworth, D. (1995). "Workflow Management Coalition, The Workflow Reference Model". WfMC (Workflow Management Coalition), Hampshire, UK.
- Hoogstoel, F. (1995). "Une approche organisationnelle du travail coopératif assisté par ordinateur, Application au projet Co-Learn". USTL, Lille, 326 pp.
- Hutchins, E. (1995). "Cognition in the wild", Ed. Cambridge, Massachusetts, Bradford Books-MIT Press.
- Jones, G. R. and George, J. M. (1998). "The experience and evolution of trust: implications for cooperation and teamwork". Academy of Management Review, 23(3), 531-546.

- Jouini, S. B. M. and Midler, C. (1996). "L'ingénierie concourante dans le Bâtiment, Synthèse des travaux du Groupe de Réflexion sur le Management de Projet (GREMAP)", Ed. Paris, PUCA.
- Kaffel, M. (2008). "Rapport de stage : Direction des systèmes d'information". Telecom Lille 1, Ecole d'ingénieurs, Lille, 49 pp.
- Khemlani, L. (2004). "The IFC Model : A Look Under the Hood", AEC Bytes.
- Klemetti, A. (2006). "Risk management in Construction Project Networks". Laboratory of Industrial Management, Helsinki University of Technology, Helsinki.
- Kramer, R. M. (1999). "Trust and Distrust in organizations: Emerging perspectives, enduring questions". *Annu. Rev. Psychol.*, 50, 569-598.
- Kubicki, S. (2003). "Rôles et apports de la photographie de chantier aux concepteurs". CRAI - Université Henri Poincaré, Nancy.
- Kubicki, S. (2006a). "Assister la coordination flexible de l'activité de construction de bâtiments, Une approche par les modèles pour la proposition d'outils de visualisation du contexte de coopération". PhD Thesis in Architecture Science. Université Henri Poincaré, Nancy-1, Département de Formation Doctorale en Informatique, Nancy, 298 pp.
- Kubicki, S. (2007). "Projet Build-IT : Accompagner le secteur Luxembourgeois de la construction vers l'utilisation de la maquette numérique". *Lettre BuildingSmart*. 12.
- Kubicki, S. (2008a). "CRTI-weB Prototype d'échange de plans. Analyse de l'expérimentation 1 : "Studio Digital Coopératif"". Rapport interne. Centre de Recherche Public Henri Tudor, Luxembourg.
- Kubicki, S., Bignon, J. C. and Leclercq, P. (2008a). "Cooperative Digital Studio: IT-supported Cooperation for AEC students". CIB-W78 2008 Improving the management of construction projects through IT adoption, July 15-17, 2008, Santiago de Chile, Chile.
- Kubicki, S., Guerriero, A. and Halin, G. (2008b). "Model-based eServices for supporting Cooperative Practices in AEC". ECPPM 2008, 2008 September, 10-12, Sophia-Antipolis, France.
- Kubicki, S., Guerriero, A., Halin, G., Bignon, J.-C. and Hanser, D. (2006a). "A Model-Driven Approach to design two Assistance Tools for Building Construction Coordination". ECPPM 2006, e-Business and e-work in Architecture, Engineering and Construction, 13-15 september 2006, Valencia.
- Kubicki, S., Guerriero, A., Halin, G., Bignon, J.-C. and Hanser, D. (2006b). "Trust integration in a coordination assistance tool, Application to building construction activity." AIM 2006, 11ème Colloque de l'Association Information et Management (AIM), Systèmes d'Information et Collaboration: Etat de la situation et perspectives, 7-9 juin 2006, Luxembourg.
- Kubicki, S., Guerriero, A., Hanser, D. and Halin, G. (2007). "IT services design to support coordination practices in the Luxembourgish AEC sector". CDVE, September 16-20, 2007, Shanghai, China.
- Kuutti, K. (1996). "Activity theory as a Potential Framework for Human-Computer Interaction Research". In *Context and consciousness: activity theory and human-computer interaction*, Ed. Bonnie A. Nardi, Cambridge, Massachusetts / London, England, The MIT Press, 17-44.
- Laaroussi, A. (2007). "Assister la conduite de la conception en architecture : vers un système d'information orienté pilotage des processus". Doctorat en Sciences de l'Architecture. Institut National Polytechnique de Lorraine, Département de Formation Doctorale en Informatique, Nancy, 158 pp.
- Lebègue, E. (2005). "Les IFC et les applications concrètes de la maquette numérique de construction". Notes de cours, CSTB.
- Léonard, C. (2008). "Rapport de stage : Contribution au développement de logiciels de GED". Bachelier en Informatique de Gestion. Haute Ecole Robert Schuman, Libramont, 33 pp.
- Leontiev, A. N. (1978). "Activity, Consciousness, Personality", Ed. Leontiev A.N., Englewood Cliffs, NJ, Prentice-Hall.
- Leontiev, A. N. (1981). "Problems of the Development of the Mind", Ed. Moscow, Progress.
- Leontiev, A. N. (1989). "The problem of activity in the history of Soviet psychology". *Soviet psychology*, 27(1), 22-39.

- Lonchamp, J. (2003). "Le travail coopératif et ses technologies", Ed. Lavoisier, Hermes Sciences Publications. Paris.
- Luhmann, N. (1968). "La confiance, Un mécanisme de réduction de la complexité sociale", Ed. Etudes sociologiques. Paris, Economica.
- Luhmann, N. (1988). "Familiarity, Confidence, Trust: Problems and Alternatives". In Trust: Making and Breaking Cooperative Relations, Ed. Diego Gambetta, New York, Basil Blackwell, 94-107.
- Luhmann, N. (2001). "Confiance et familiarité". In Réseaux, La confiance, Hermès Science Publications, 18, 15-35.
- Malcurat, O. (2002). "Spécification d'un environnement logiciel d'assistance au travail collaboratif dans le secteur de l'architecture et du BTP". Institut National Polytechnique de Lorraine, CRAI, Centre de Recherche en Architecture et Ingénierie, Nancy, 151 pp.
- Malone, T. and Crowstone, K. (1993). "The interdisciplinary study of coordination". Center for Coordination Science, Alfred P. Sloan School of Management, Massachusetts Institute of Technology, Sloan.
- Mangematin, V. (1999). "La confiance : un mode de coordination dont l'utilisation dépend de ses conditions de production". In La confiance : approches économiques et sociologiques, Christian Thuderoz, Vincent Mangematin et Denis HARRISSON, Paris, Gaëtan Morin, 31-56.
- March, J. G. and Simon, H. A. (1958). "Organizations", Ed. New York, Wiley.
- Marsh, S. and Diben, M. R. (2005). "Trust, Untrust, Distrust and Mistrust - An exploration of the the dark(er) side". Third International Conference, iTrust 2005, Springer, 23-26 mai 2005, Paris, France.
- Marsh, S. J. A. S. (1997). "Human-computer-human interaction: trust in CSCW". SIGCHI Bulletin, 29(3), 36-40.
- Marsh, S. P. (1994). "Formalising Trust as a Computational Concept". Degree of Doctor of Philosophy. University of Stirling, Department of Computing Science and Mathematics, Stirling, 170 pp.
- Maugard, A. (2007). "Regards sur le bâtiment, Le futur en construction (Entretiens avec Alain Maugard)", Ed. CSTB. Paris, Editions du Moniteur.
- Mayer, R. C., Davis, J. H. and Schoorman, F. D. (1995). "An Integrative Model of Organizational Trust". Academy of Management Review, 20(3), 709-734.
- McEvily, B., Perrone, V. and Zaheer, A. (2003). "Trust as an Organizing Principle". Organization science, 14(1), 91-103.
- Michalakopoulos, M. and Fasli, M. (2005). "On Deciding to Trust". Third International Conference, iTrust 2005, May 2005, Paris, France.
- Miller, G. (1956). "The Magic Number Seven Plus or Minus Two". Psychological Review, 63, 81-97.
- Mintzberg, H. (1979). "The structuring of organizations: A synthesis of the research", Ed. Englewood Cliffs, NJ, Prentice-Hall.
- Mintzberg, H. (1989). "Le management, Voyage au centre des organisations", Ed. Paris, Editions d'Organisation, Eyrolles.
- Murdoch, J. and Hughes, W. (2000). "Construction Contracts : Law and Management, Third edition", Ed. London, Spoon Press, Taylor & Francis.
- Nardi, B. A. (1996). "Studying Context". In Context and consciousness, Ed. Bonnie A. Nardi, Cambridge, Massachusetts / London, England, The MIT press, 69-102.
- Nielsen, J. (1994). "Usability Engineering", Ed. AP Professional, Cambridge.
- Nitithamyong, P. and Skibniewski, M. J. (2004). "Web-based construction project management systems: how to make them successful?" Automation in Construction, 13, 491-506.
- Nitithamyong, P. and Skibniewski, M. J. (2007). "Key success/failure factors and their impacts on system performance of web-based project management systems in construction". ITcon Electronic Journal of Information Technology in Construction, 12, 39-59.
- Nizet, J. and Pichault, G. (2001). "Introduction à la théories des configurations, du "one best way" à la diversité organisationnelle", Ed. Bruxelles, De boeck.

- Nooteboom, B., Berger, H. and Noorderhaven, N. G. (1997). "Effects of Trust and Governance on Relational Risk". *The Academy of Management Journal*, 40(2, Special Research Forum on Alliances and Networks), 308-338.
- Nys, K. (2008). "Construction Virtuelle, Visualisation du process et planification proactive". Présentation lors de la rencontre "Améliorer le pilotage des projets de construction : méthodes, outils et perspectives" du 4 mars 2008 au Centre de Recherche Public Henri Tudor (Luxembourg).
- Orléan, A. (1994). "Sur le rôle de la confiance et de l'intérêt dans la constitution de l'ordre marchand". *Revue du MAUSS*, 4, 17-36.
- Orléan, A. (2000). "Cahiers de Socio-Economie : La Théorie Economique de la confiance et ses limites". In *La confiance en question*, Ed. R. Laufer et M. Orillard, Paris, L'Harmattan, 59-77.
- Osborne, A. (2005). "Design & Build, Bouwteam ou classique?" *Immobilier & Property Management*, 16-18.
- Papazoglou, M. P. and Georgakopoulos, D. (2003). "Service-Oriented Computing". *Communication of the ACM*, 46(10), 25-28.
- Pca-Pirtem. (1993). "Vers une amélioration des échanges d'informations entre les intervenants de l'acte de construire, rapport final". Laboratoire Génie Civil et Habitat (Université de Savoie), Méthodes et Construction (Montrouge), IRPEACS (Lyon).
- Piquet, A. (2005). "Rapport de Stage : Développement d'un gestionnaire de suivi de compte-rendu". DESS Audit et Conception des Systèmes d'Information. ISIAL (Institut Supérieur d'Informatique et d'Automatisme de Lorraine), Nancy, 57 pp.
- Plesums, C. (2002). "Introduction to Workflow". In *Workflow handbook 2002*, Ed. Workflow Management Coalition Layna Fischer, Lighthouse Point, Florida, Future Strategies Inc., 19-38.
- Preston, L. E. (1961). "Utility Interactions in a two-person world". *Journal of Conflict Resolution*, 5(4), 354-365.
- Prost, R. (2005). "Nouvelles dynamiques entre la maîtrise d'ouvrage et la maîtrise d'oeuvre". In *Maîtres d'ouvrage, maîtres d'oeuvres et entreprises, De nouveaux enjeux pour les pratiques de projet*, Ed. Jean-Jacques Terrin, Paris, Eyrolles, 33-47.
- Qualibat. (2007). "Qualification des entreprises de construction, Nomenclature, Référentiel", Ed. Monaco, Testa.
- Quéré, L. (2001). "La structure cognitive et normative de la confiance". *Réseaux, La confiance*, 18, 125-152.
- Rammer, Y. (2008). "Project Management & Construction, Point de vue du réalisateur". Notes de cours de Management de bureau et gestion de projets, Ordre des Architectes et des Ingénieurs-Conseils de Luxembourg.
- Rebolj, D., Podbreznik, P. and Babic, N. C. (2008). "4D model based automated construction activity monitoring". *E-Business and e-work in Architecture, Engineering and Construction, ECPPM 2008*, 10-12 September 2008, Sophia-Antipolis, France.
- Rezgui, Y., Wilson, I. E., Damodaran, L., Olphert, W. and Shelbourn, M. (2004). "ICT Adoption in the Construction Sector: Education and Training Issues". *ICCCBE 2004 - Xth International Conference on Computing in Civil and Building Engineering*, June 02-04, 2004, Weimar, Germany.
- Rivard, H. (2004). "Nouvelles Technologies de l'Information appliquées à la construction". Université du Québec, École de technologie supérieure, Département de génie de la construction.
- Rotter, J. B. (1967). "A new scale for the measurement of interpersonal trust". *Journal of Personality*, 35, 651-665.
- Rousseau, D. M., Sitkin, S. B., Burt, R. S. and Camerer, C. (1998). "Not so different after all: A cross-discipline view of trust". *Academy of Management Review*, 23(3), 393-404.
- Salber, D., Coutaz, J., Decouchant, D. and Riveill, M. (1995). "De l'observabilité et de l'honnêteté : le cas du contrôle d'accès dans la Communication Homme-Homme Médiatisée". IHM'95, 11 au 13 octobre 1995, Toulouse, France.
- Salembier, P. (1996). "Cognition(s) : Située, Distribuée, Socialement partagée, etc., etc.,..." *Bulletin du LCPE*, 1. Ecole Normale Supérieure, Paris.

- Saussure, F. D. (1915). "Cours de linguistique générale", Ed. Charles Bailly, Albert Sechehaye et Albert Riedlinger, Paris, Payot.
- Scaife, M. and Rogers, Y. (1996). "External cognition : how do graphical representations work?" *International Journal of Human-Computer Studies*, 45, 185-213.
- Schmidt, K. and Simone, C. (1996). "Coordination mechanisms: Towards a conceptual foundation of CSCW systems design". *Computer Supported Cooperative Work: The journal of collaborative computing*. Kluwer Academic Publishers., 5, 155-200.
- Seppänen, O. and Aalto, E. (2005). "A case study of Line-Of-Balance based schedule planning and control system". Australian Construction Industry Conference, Sydney, Australia.
- Simon, H. A. (1955). "A behavioural model of rational choice". *Quarterly Journal of Economics*, 69, 99-118.
- Spence, R. (2001). "Information Visualization, Design for Interaction", Ed. Harlow, Pierson Education Limited.
- Suchman, L. (1993). "Response to Vera and Simon's Situated Action: A Symbolic Interpretation". *Cognitive Science*, 17, 71-75.
- Suchman, L. A. (1987). "Plans and situated action: the problem of human-machine interaction", Ed. R Pea et J S Brown, Cambridge University Press.
- Sutcliffe, A. (2006). "Trust : From Cognition to Conceptual Models and Design". Caise 2006, Springer, June 2006, Luxembourg, Luxembourg.
- Sycara, K. (1988). "Utility Theory in Conflict Resolution". *Annals of Operations Research*, 12, 65-84.
- Tahon, C. (1997). "Le pilotage simultané d'un projet de construction", Ed. Collection Recherche n°87. Paris, Plan Construction et Architecture.
- Taylor, F. W. (1911). "Scientific Management", Ed. New York, Harper & Brothers.
- Thompson, J. D. (1967). "Organizations in Action: Social Science Bases of Administrative Theory", Ed. New York, McGraw-Hill, Inc.
- Ulivieri, F. (2004). "Naive Approaches to Trust Building in Web Technologies". National Research Council, Institute for Cognitive Sciences and Technologies, Rome
- Usunier, J.-C. (2000). "La théorie de la confiance, Un essai de management comparé France / Allemagne", Ed. Paris, Vuibert.
- Vera, A. H. and Simon, H. A. (1993). "Situated Action: A Symbolic Interpretation". *Cognitive science*, 17, 7-48.
- Vergauwe, J.-P. (1991). "Le droit de l'architecture", Ed. Bruxelles, De Boeck.
- Vygotsky, L. S. (1978). "Mind in Society", Ed. Cambridge, M.A., Harvard University Press.
- Watson, A. (1995). "To product models and beyond". In *Integrated construction information*, Ed. P. Brandon et M. Betts, London, E&F Spon.
- Weber, M. (1921). "Economie et société", Ed. Recherche en Sciences Humaines. Paris, Plon.
- Weil, S. and Biau, V. (2003). "Comprendre les pratiques européennes, Le développement de la procédure de PPP/PFI en Grande-Bretagne (Rapport d'enquête)". Jacques Cabanieu. Mission interministérielle pour la qualité des constructions publiques, Paris.
- Wheatley, G. (1993). "Le management de projet à l'anglaise et ses conséquences de pratique en France". In *La gestion de projet dans la construction*, Ed. Jacotte Bobroff, Paris, Presses de l'école nationale des Ponts et chaussées, 83-93.
- Wicks, A. C., Berman, S. L. and Jones, T. M. (1999). "The structure of Optimal Trust: Moral and strategic implications". *Academy of Management Review*, 24(1), 99-116.
- Williamson, O. E. (1993). "Calculativeness, Trust, and Economic Organization". *Journal of Law & Economics*, XXXVI, 453-486.
- Zacharia, G., Moukas, A. and Maes, P. (1999). "Collaborative Reputation Mechanisms in Electronic Marketplaces". Thirty-second Annual Hawaii International Conference on System Sciences, IEEE Computer Society, Hawaii.
- Zolin, R., Levitt, R. E., Fruchter, R. and Hinds, P. J. (2000). "Modeling & Monitoring Trust in Virtual A/E/C Teams, A Research Proposal". Stanford University, Stanford.
- Zou, P. X. W., Zhang, G. and Wang, J. (2007). "Understanding the key risks in construction projects in China". *International Journal of Project Management*, 25(6), 601-614.

- Zou, P. X. W., Zhang, G. and Wang, J.-Y. (2006). "Identifying Risks in Construction Projects: Life Cycle and Stakeholder Perspectives". 12th Pacific Rim Real Estate Society Conference, 22 -25 Jan 2006, Auckland, New Zealand.
- Zucker, L. (1986). "Production of Trust: Institutional Sources of Economic Structure: 1840-1920". *Research in Organization Behaviour*, 8, 53-111.

Table des matières détaillée

REMERCIEMENTS	5
SOMMAIRE	9
INTRODUCTION	13
Le contexte de travail	14
La définition de la problématique	15
Plan de la thèse	16
<u>1^{ERE} PARTIE . L'ETUDE DE LA CONFIANCE APPLIQUEE AU DOMAINE DE LA COORDINATION DES CHANTIERS DE CONSTRUCTION</u>	19
<u>CHAPITRE 1. LE CONTEXTE DE LA MISSION DE COORDINATION SUR LES CHANTIERS DE CONSTRUCTION</u>	21
1.1. Les spécificités du secteur de l'Architecture, de l'Ingénierie et de la Construction	22
1.1.1. Le secteur AIC et son mode de production particulier	22
1.1.2. Le cycle d'une opération de construction	24
1.1.3. La problématique du chantier	24
1.1.3.1. Les intervenants dans le cadre d'une activité de construction d'un bâtiment	25
1.1.3.2. Le chantier de construction, un environnement incertain	30
1.2. La mission du coordinateur-pilote lors de la phase d'exécution des travaux	31
1.2.1. Étude de la mission de coordination au sein de trois contextes nationaux	32
1.2.1.1. La mission du coordinateur-pilote dans le contexte français	32
1.2.1.2. La mission du coordinateur-pilote dans le contexte luxembourgeois	32

1.2.1.3.	La mission du coordinateur-pilote dans le contexte anglo-saxon	34
1.2.2.	Les supports courants à la coordination et au pilotage de l'activité de chantier	35
1.3.	Le secteur de la construction, un secteur en mutation	40
1.3.1.	Les transformations relatives aux pratiques internes	40
1.3.1.1.	La certification du système de management	41
1.3.1.2.	La qualification professionnelle	42
1.3.2.	Les transformations relatives aux pratiques collectives	43
1.3.2.1.	Les nouvelles formes contractuelles	43
1.3.2.2.	Les nouveaux outils d'assistance à la coopération	49
1.4.	Les formes de l'organisation des chantiers de construction et les mécanismes de coordination mis en œuvre	51
1.4.1.	Une approche théorique des organisations et de la coordination dans le secteur AIC	51
1.4.1.1.	Une typologie des formes d'organisation supportant les activités de construction	51
1.4.1.2.	Une typologie des formes de coordination des activités de construction	53
1.4.2.	Le coordinateur-pilote au cœur de l'organisation	57
1.5.	Synthèse	60
 <u>CHAPITRE 2. LA CONFIANCE AU CENTRE DES ORGANISATIONS</u>		<u>63</u>
2.1.	Une approche théorique de la confiance, revue de la littérature	64
2.1.1.	Niklas Luhmann, une approche sociologique de la confiance	66
2.1.2.	Oliver E. Williamson, une approche économique de la confiance	67
2.1.3.	Morton Deutsch, une approche socio-psychologique de la confiance	69
2.1.4.	Russel Hardin, une approche socio-politique	70
2.1.5.	La confiance et ses concepts : une synthèse	72
2.2.	La confiance et sa génération dans le cadre de l'activité collective liée au chantier	74
2.2.1.	Les fondements de la confiance au sein des organisations dans le contexte de l'activité de chantier	74
2.2.2.	Le processus dynamique de la confiance	77
2.2.3.	Les caractéristiques de la confiance au sein de l'organisation de chantier	79
2.3.	La confiance et le contexte de l'activité collective	82
2.3.1.	La notion de contexte dans la confiance	82
2.3.2.	Théorie de l'Action Située (Situating Action Theory)	83
2.3.3.	Théorie de la Cognition Distribuée (Distributed Cognition)	84
2.3.4.	Théorie de la Conscience de la Situation (Situation Awareness)	86
2.3.5.	Théorie de l'activité	88
2.3.6.	La confiance et les trois contextes de l'activité	91
2.3.6.1.	Le contexte de l'activité	92
2.3.6.2.	Le contexte de l'acteur et la confiance	93
2.3.6.3.	Le contexte de l'utilisateur	96
2.3.6.4.	Formalisation de notre approche du contexte et de la confiance	96
2.4.	De la confiance aux services de confiance	97
2.4.1.	La mesure de la confiance	97

2.4.2.	Les services de confiance appliqués au domaine de l'e-business	98
2.4.2.1.	Amazon.com	99
2.4.2.2.	Epinions.com	101
2.4.2.3.	eBay	103
2.4.2.4.	Synthèse	105
2.4.3.	Les services de confiance dans le domaine de la construction	106
2.4.3.1.	RatingSource	106
2.4.3.2.	AEC Performance	108
2.4.3.3.	TrustBuilder	109
2.4.3.4.	WEBSES	110
2.4.3.5.	Synthèse	112
2.5.	Synthèse	114

2^{EME} PARTIE : L'INSTRUMENTATION DE LA CONFIANCE COMME SUPPORT A LA MISSION DE COORDINATION DE CHANTIER **117**

CHAPITRE 3. LA MODELISATION DE LA CONNAISSANCE DU DOMAINE **119**

3.1.	Le secteur AIC : un initiateur de modèles	120
3.1.1.	Une approche des données produits-bâtiment : le modèle IFC	121
3.1.2.	Une approche de l'activité de conception et de construction : le modèle du contexte de coopération	125
3.1.2.1.	Le développement du contexte de coopération, synthèse des travaux antérieurs	125
3.1.2.2.	L'infrastructure de modèles	130
3.2.	L'analyse des outils d'assistance à la coordination du chantier de construction	131
3.2.1.	Les outils AIC usuels lors de la phase d'exécution	132
3.2.2.	Les outils AIC émergents pour la phase d'exécution	133
3.2.2.1.	La plate-forme d'échange de documents avec « client interne »	133
3.2.2.2.	L'évaluation de la performance	133
3.2.2.3.	L'édition de compte-rendu de réunion de chantier	133
3.2.2.4.	Le tableau de bord	134
3.2.2.5.	La maquette numérique	135
3.2.2.6.	La simulation 4D et xD	137
3.2.2.7.	Le Workflow	138
3.2.2.8.	Le visualiseur de contexte	140
3.2.3.	La caractérisation des outils	142
3.2.3.1.	Les domaines fonctionnels	142
3.2.3.2.	La caractérisation fonctionnelle des outils	143
3.2.3.3.	La caractérisation conceptuelle des outils	144
3.3.	Synthèse	145

CHAPITRE 4. LA PROPOSITION DE DEUX SERVICES LOGICIELS POUR LA COORDINATION DE L'ACTIVITE DE CONSTRUCTION **147**

4.1. Le contexte de l'étude : le projet de recherche Build-IT	148
4.2. CRTI-weB, le service logiciel « Compte-rendu »	148
4.2.1. L'identification des pratiques métier associées au compte-rendu de chantier	148
4.2.2. Les services métier associés au compte-rendu de chantier	149
4.2.3. Le modèle des concepts représentés dans le service logiciel « Compte-rendu »	151
4.2.4. Présentation des résultats d'expérimentation	153
4.3. CRTI-weB, le service logiciel « Documents »	155
4.3.1. L'identification des pratiques métier liées à l'échange de documents	155
4.3.2. Les services métier pour l'échange de documents	156
4.3.3. Le modèle des concepts représentés dans le Service logiciel d'« Echange de plans »	159
4.3.4. Présentation des résultats d'expérimentation	160
4.3.5. Perspectives	162
4.4. Synthèse	162

CHAPITRE 5. LA PROPOSITION D'UNE METHODE DE MESURE DE LA CONFIANCE DANS LE BON DEROULEMENT DE L'ACTIVITE **165**

5.1. L'étude des aspects et des critères de confiance dans le bon déroulement de l'activité de chantier	166
5.1.1. L'identification des aspects de confiance	166
5.1.2. La traduction des aspects de confiance en critères de confiance	167
5.1.3. Outiller la confiance ou le risque	169
5.2. La méthode de calcul de la confiance dans le bon déroulement de l'activité	169
5.2.1. L'étude des méthodes de calcul existantes	170
5.2.1.1. L'approche générale	170
5.2.1.2. Le calcul de la confiance dans le cadre de la coopération	170
5.2.2. Une proposition pour le calcul de la confiance dans le bon déroulement de l'activité de chantier	173
5.2.2.1. La structuration générale	173
5.2.2.2. Le calcul de la Confiance Globale	174
5.2.2.3. Le calcul de la Confiance Spécifique	175
5.2.2.4. Application de la méthode de calcul de la confiance à un scénario	177
5.2.3. Perspectives du modèle mathématique de calcul de la confiance	180
5.2.3.1. Détermination des facteurs d'importance selon la configuration contractuelle	180
5.2.3.2. Un indice de complétude	182
5.3. Synthèse	183

CHAPITRE 6. LA PROPOSITION D'UN TABLEAU DE BORD POUR UNE GESTION DE L'ACTIVITE DE CHANTIER PAR LA CONFIANCE **185**

6.1. Une approche théorique du tableau de bord	186
6.1.1. Le tableau de bord, un outil d'aide à la décision	186
6.1.2. La notion d'indicateur	187

6.2. Bat'iTrust, un prototype de tableau de bord pour l'assistance à la coordination centré sur le concept de la confiance	188
6.2.1. La confiance au coeur du pilotage de l'activité de chantier	188
6.2.2. Une proposition dans la lignée de Bat'iViews	189
6.2.3. Bat'iTrust, un outil d'assistance à la coordination centré sur la confiance	190
6.2.3.1. Les objectifs du prototype Bat'iTrust	190
6.2.3.2. La représentation de la confiance au sein de Bat'iTrust	192
6.2.3.3. Le service logiciel Bat'iTrust et ses services métier	193
6.2.3.4. La consultation des points de vue	194
6.2.3.5. La navigation au sein de Bat'iTrust	198
6.2.4. La modélisation des vues constitutives du prototype Bat'iTrust	200
6.2.4.1. L'intégration des vues dans une infrastructure de modèles	200
6.2.4.2. Le modèle des données de la vue « Tableau de bord »	202
6.2.4.3. L'analyse détaillée de la configuration « Progression de la tâche »	203
6.2.5. L'implémentation du prototype	205
6.3. Synthèse	206

CHAPITRE 7. LA VALIDATION DE LA PROPOSITION **209**

7.1. Objectifs et méthode d'expérimentation	210
7.1.1. Les objectifs	210
7.1.2. Le protocole d'expérimentation	210
7.1.3. Le profil des sujets expérimentaux	212
7.2. Les résultats d'expérimentation	213
7.2.1. Les retours utilisateurs sur les aspects fonctionnels	213
7.2.1.1. La perception du tableau de bord par les sujets expérimentaux	214
7.2.1.2. La perception du point de vue « Progression de l'activité »	215
7.2.1.3. La perception du point de vue « Acteur »	216
7.2.1.4. La perception du point de vue « Ouvrage »	217
7.2.1.5. La perception du point de vue « Document »	217
7.2.1.6. La perception de l'application Bat'iTrust	218
7.2.1.7. Les perspectives fonctionnelles du prototype Bat'iTrust	219
7.2.2. Les retours utilisateurs sur les aspects ergonomiques	220
7.3. L'intégration des premières évolutions dans la version V2.0 de Bat'iTrust	223
7.4. Les limites de la phase d'expérimentation et bilan	224

CONCLUSION **227**

La problématique et la méthodologie	227
L'apport de la proposition	228
1. La définition d'une méthode de mesure de la confiance dans le bon déroulement de l'activité	228
2. Un outil d'assistance à la coordination de chantier par la confiance	229

Les limites et les perspectives de la proposition	230
1. Du point de vue de l'approche pluridisciplinaire	230
2. Du point de vue de la méthode de calcul de la confiance	230
3. Du point de vue du prototype implémenté	231
4. Du point de vue de la pratique professionnelle	231
5. Du point de vue de l'expérimentation	232
Conclusion générale	232
<u>ANNEXES</u>	<u>235</u>
Annexe 1 : Questionnaire 01 - Enquête sur le pilotage en phase de chantier de construction	236
Annexe 2 : Analyse des résultats de l'enquête sur le pilotage en phase de chantier de construction	240
1. Résultats d'enquête : La progression de l'activité de chantier	240
2. Résultats d'enquête : Les documents nécessaires à l'exécution	241
3. Les intervenants et leur performance	241
4. Les ouvrages et leur mise en oeuvre	242
5. Les documents exploités lors de la phase de chantier	242
6. Les outils exploités lors de la phase de chantier	243
Annexe 3. Modèle du contexte de coopération	244
Annexe 4. Questionnaire 02 - Validation du prototype Bati'Trust	245
Annexe 5. La configuration « Acteur »	249
1. Le modèle des données de la vue « Bat'Graph »	249
2. Le modèle des données de la vue « Evaluation »	250
Annexe 6. La configuration « Ouvrage »	251
1. Le modèle des données de la vue « Maquette numérique »	251
2. Le modèle des données de la vue « Suivi du budget »	252
3. Le modèle des données de la vue « Liste des modifications »	252
4. Le modèle des données de la vue « Description de l'ouvrage »	253
Annexe 7. La configuration « Document »	254
1. Le modèle des données de la vue « Gestion des plans »	255
2. Le modèle des données de la vue « Suivi des actions »	255
3. Le modèle des données de la vue « Suivi des réactions »	256
<u>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES</u>	<u>257</u>
<u>TABLE DES ILLUSTRATIONS</u>	<u>273</u>
Liste des figures	273
Liste des tableaux	276

Table des illustrations

Liste des figures

Figure 1. Structuration de la partie 2	17
Figure 2. Le cycle de vie d'une opération de construction	24
Figure 3. Les intervenants sur un projet de taille moyenne	26
Figure 4. Les intervenants sur un projet d'envergure importante	27
Figure 5. Points de vue attribués au maître de l'ouvrage, à l'économiste et à l'entreprise.....	28
Figure 6. Points de vue attribués à l'architecte et aux BET	29
Figure 7. Vue d'un planning de chantier Gantt	36
Figure 8. Vue détaillée et vue planning Pert	37
Figure 9. Vue d'un planning LOB.....	38
Figure 10. Vue de l'état d'avancement des travaux pour un prix forfaitaire	39
Figure 11. Contrat « conception-construction ».....	44
Figure 12. Contrat « Promotion - clé en main ».....	45
Figure 13. Comparaison entre le dispositif loi MOP et un contrat de partenariat public-privé...	47
Figure 14. Identification des différents types d'interdépendance selon J.D. Thompson	54
Figure 15. Les mécanismes de coordination au sein des organisations.....	56
Figure 16. La mission de coordination au coeur des organisations AIC.....	59
Figure 17. La relation tripartite de la confiance.....	71
Figure 18. Les concepts de la confiance.....	73
Figure 19. Le processus de développement de la confiance	78
Figure 20. Caractéristiques de la confiance au sein des organisations	80
Figure 21. Confiance et dépendance au contexte.....	82
Figure 22. Modèle cognitif classique.....	84
Figure 23. Modèle cognitif distribué	85

Figure 24. La conscience de la situation [Traduction de (Endsley 1995b)].....	86
Figure 25. Structuration hiérarchique de l'activité.....	88
Figure 26. Exemples d'activités, d'actions, et d'opérations.....	89
Figure 27. Structuration de l'activité (Niveau individuel).....	90
Figure 28. Structuration de l'activité (Niveau supra-individuel).....	90
Figure 29. Trois types de contexte.....	92
Figure 30. La connaissance contextuelle, la connaissance externe et le contexte procéduralisé	94
Figure 31. Vue horizontale du contexte de l'acteur.....	94
Figure 32. La confiance et le contexte acteur.....	95
Figure 33. La confiance et le contexte.....	97
Figure 34. Évaluation d'un produit sur Amazon.....	99
Figure 35. Évaluation du vendeur sur Amazon.....	100
Figure 36. Évaluation sur Epinions.....	101
Figure 37. Évaluation d'un produit.....	102
Figure 38. Réseau de confiance dans Epinions.....	103
Figure 39. Évaluation d'un membre sur eBay.....	104
Figure 40. Légende de l'évaluation globale sur eBay.....	104
Figure 41. Évaluation sur RatingSource.....	107
Figure 42. Rapport d'évaluation individuelle d'un organisme sur AEC Performance.....	108
Figure 43. Rapport d'évaluation de la performance des équipes-projets (AEC Performance) .	109
Figure 44. Vue de l'interface de TrustBuilder « Select best bid » / « Sélection de la meilleure offre ».....	110
Figure 45. Vue de l'interface de consultation de l'évaluation d'un sous-traitant sur WEBSSES	111
Figure 46. Résultat d'une recherche de sous-traitants sur WEBSSES.....	111
Figure 47. Critères d'évaluation des sous-traitants.....	112
Figure 48. Les quatre dimensions de la confiance dans l'activité de chantier.....	114
Figure 49. Confiance et contexte, synthèse de l'approche.....	115
Figure 50. Cinq étapes pour l'instrumentation de la confiance.....	120
Figure 51. Les quatre couches de l'architecture des IFC.....	122
Figure 52. Spécification Express de l'entité « IfcWall ».....	124
Figure 53. L'objet « mur » au sein du modèle IFC.....	125
Figure 54. L'évolution du contexte de coopération (2003-2006).....	126
Figure 55. Le méta-modèle de coopération originel (2003).....	127
Figure 56. Le méta-modèle de coopération et l'intégration du concept d'ouvrage (2005).....	128
Figure 57. Le méta-modèle et l'introduction des concepts d'outil et d'artefact (2006).....	129
Figure 58. Une infrastructure pour l'exploitation des modèles.....	131
Figure 59. Outils utilisés en phase de chantier, résultat d'enquête.....	132
Figure 60. Tableau de bord du coordinateur-pilote par Primavera.....	134
Figure 61. Visualisation d'une maquette numérique avec DDS IFC Viewer.....	136
Figure 62. Visualisation 4D.....	138
Figure 63. Exemple de procédure Workflow établi dans un bureau d'étude.....	139
Figure 64. Méta-modèle de Workflow.....	140
Figure 65. Représentation du contexte de coopération dans Bat'Map.....	141

Figure 66. Trèfle fonctionnel selon B. David	142
Figure 67. Répartition fonctionnelle des outils	143
Figure 68. La vue planning et le concept de "Tâche"	144
Figure 69. Approche des services autour du contexte de coopération	146
Figure 70. Étape 1 : Obtenir la connaissance du domaine	147
Figure 71. Description des services métier du service logiciel CRTI-weB « Compte-Rendu »	150
Figure 72. Correspondance entre les concepts du contexte de coopération et ceux de la vue « Remarques » au sein du service logiciel CRTI-weB « Compte-rendu »	152
Figure 73. « Service logiciel Compte-rendu », nombre de chantiers par agence	153
Figure 74. « Service logiciel Compte-rendu », nombre de comptes-rendus par agence	153
Figure 75. Analyse comparative du nombre total de personnes qui se sont connectées (avril - décembre 2007)	154
Figure 76. Description des services métier du service logiciel CRTI-weB « Echange de documents»	157
Figure 77. Correspondance entre les concepts du contexte de coopération et ceux de la vue « Documents du projet » au sein du Service logiciel CRTI-weB « Documents »	159
Figure 78. Nombre de connexions des étudiants (par semaine d'utilisation).....	160
Figure 79. Nombre de documents déposés par les étudiants (par semaine d'utilisation)	161
Figure 80. Les services logiciels CRTI-weB et le contexte de coopération	163
Figure 81. Étapes du processus pour une proposition d'une méthode de calcul de la confiance	165
Figure 82. Deuxième étape : Identifier les aspects de confiance	166
Figure 83. Troisième étape : Déterminer les critères	167
Figure 84. Quatrième étape : Mesurer la confiance.....	170
Figure 85. La confiance globale et la confiance spécifique	173
Figure 86. Évolution de la confiance en fonction du contexte de l'activité collective	180
Figure 87. Cinquième étape : Implémenter la confiance dans un outil	185
Figure 88. Vue de l'interface de Bat'iViews.....	189
Figure 89. Vue détaillée du tableau de bord du prototype Bat'iTrust.....	191
Figure 90. Grille de visualisation de l'information selon l'approche de J. Bertin.....	192
Figure 91. Échelle de représentation de la confiance	193
Figure 92. Description des services métier du prototype Bat'iTrust	194
Figure 93. Point de vue « Progression de la tâche »	195
Figure 94. Point de vue « Acteur »	196
Figure 95. Point de vue « Ouvrage »	197
Figure 96. Point de vue "Document"	198
Figure 97. Navigation dans le prototype Bat'iTrust.....	199
Figure 98. Principe d'intégration des vue dans l'infrastructure de modèle.....	201
Figure 99. Fichier de relations xml généré à partir du contexte de coopération.....	201
Figure 100. Vue du tableau de bord.....	202
Figure 101. Modèle des données de la vue "Tableau de bord"	203
Figure 102. Modèle des données de la vue "Planning"	203
Figure 103. Modèle des données de la vue "Remarques du compte-rendu"	204

Figure 104. Modèle des données de la vue "Météo du chantier"	204
Figure 105. Interaction entre les vues dans le prototype Bat'iTrust	206
Figure 106. Infrastructure de services pour l'implémentation de Bat'iTrust.....	207
Figure 107. Vue d'une capture issue des expérimentations	212
Figure 108. Répartition des sujets lors de la phase d'expérimentation.....	213
Figure 109. Retours utilisateurs sur le tableau de bord	214
Figure 110. La perception du point de vue "Progression de l'activité"	216
Figure 111. La perception du point de vue "Acteur"	217
Figure 112. La perception du point de vue "Ouvrage".....	217
Figure 113. La perception du point de vue "Document".....	218
Figure 114. La perception de l'application Bat'iTrust	219
Figure 115. Les suggestions de nouvelles fonctionnalités	220
Figure 116. Catégorisation des retours utilisateurs sur les qualités ergonomiques de Bat'iTrust	221
Figure 117. La perception de l'ergonomie du prototype Bat'iTrust.....	222
Figure 118. Bat'iTrust V2.0 - Echelle de confiance	223
Figure 119. Détails de la valeur de Confiance Globale dans Bat'iTrust V2.0	224
Figure 120. Résultats d'enquête : Progression de l'activité.....	240
Figure 121. Résultats d'enquête : Documents	241
Figure 122. Résultat d'enquête – Acteur.....	241
Figure 123. Résultats d'enquête : Ouvrages	242
Figure 124. Résultats d'enquête : Usage des documents	242
Figure 125. Résultats d'enquête : Usage des outils.....	243
Figure 126. Extrait du modèle du contexte de coopération (M1) – Services logiciels CRTI-weB	244
Figure 127. La configuration "Acteur".....	249
Figure 128. Modèle des données de la vue "Bat'Graph"	249
Figure 129. Modèle des données de la vue "Evaluation".....	250
Figure 130. La configuration "Ouvrage".....	251
Figure 131. Le modèle des données de la vue "Maquette numérique"	251
Figure 132. Le modèle des données de la vue "Suivi du budget"	252
Figure 133. Le modèle des données de la vue "Liste des modifications".....	252
Figure 134. Le modèle des données de la vue "Description de l'ouvrage"	253
Figure 135. La configuration "Document".....	254
Figure 136. Le modèle des données de la vue "Gestion des plans"	255
Figure 137. Le modèle des données de la vue "Suivi des actions".....	255
Figure 138. Modèle des données de la vue "Suivi des réactions"	256

Liste des tableaux

Tableau 1. Méthodes et outils d'assistance à la mission du coordinateur-pilote.....	35
---	----

Tableau 2. Exemples de qualifications pour le secteur AIC	42
Tableau 3. Dispositifs de coordination et catégories d'interdépendance (J.D. Thompson)	55
Tableau 4. Caractéristiques des organisations sur les chantiers de construction	57
Tableau 5. Quelques définitions de la confiance	64
Tableau 6. Confiance assurée et confiance décidée (Usunier 2000)	67
Tableau 7. Synthèse des concepts de la confiance	72
Tableau 8. Caractéristiques des organisations et de la confiance sur les chantiers de construction	81
Tableau 9. Synthèse des approches théoriques sur le contexte	91
Tableau 10. Échelle d'évaluation du produit et du vendeur sur Amazon.com	100
Tableau 11. Description de l'échelle de fiabilité de la revue d'un produit dans Epinions	102
Tableau 12. Synthèse des services de confiance appliqués au domaine de l'e-business	105
Tableau 13. Synthèse des services de confiance appliqués au domaine de la construction	113
Tableau 14. Synthèse sur les concepts dominants manipulés par les outils orientés coordination	145
Tableau 15. Les aspects de la confiance en fonction des types de Confiance Spécifique	167
Tableau 16. Les critères de la confiance et leurs sources	168
Tableau 17. Confiance situationnelle - Synthèse des annotations	172
Tableau 18. Calcul de la Confiance Globale (1) - Synthèse des annotations	174
Tableau 19. Calcul de la Confiance Globale (2) - Synthèse des annotations	175
Tableau 20. Calcul de la Confiance Spécifique - Synthèse des annotations	176
Tableau 21. Règles pour l'association de valeur numérique aux critères de confiance	176
Tableau 22. Trois contextes de l'activité collective	179
Tableau 23. Configuration contractuelle et facteurs d'importance	181
Tableau 24. Tableau d'analyse des interactions	199
Tableau 25. Description des trois phases de l'expérimentation	211

AUTORISATION DE SOUTENANCE DE THESE
DU DOCTORAT DE L'INSTITUT NATIONAL
POLYTECHNIQUE DE LORRAINE

o0o

VU LES RAPPORTS ETABLIS PAR :

Monsieur Pierre LECLERCQ, Professeur, Université de Liège, Belgique

Monsieur Yacine REZGUI, Professeur, Université de Cardiff, Angleterre

Le Président de l'Institut National Polytechnique de Lorraine, autorise :

Madame GUERRIERO Annie

à soutenir devant un jury de l'INSTITUT NATIONAL POLYTECHNIQUE DE LORRAINE,
une thèse intitulée :

**"La représentation de la confiance dans l'activité collective. Application à la
coordination de l'activité de chantier de construction"**

en vue de l'obtention du titre de :

DOCTEUR DE L'INSTITUT NATIONAL POLYTECHNIQUE DE LORRAINE

Spécialité : « **Architecture** »

Fait à Vandoeuvre, le 30 mars 2009

Le Président de l'I.N.P.L.,

F. LAURENT



NANCY BRABOIS
2, AVENUE DE LA
FORET-DE-HAYE
BOITE POSTALE 3
F - 54501
VANDŒUVRE CEDEX

La représentation de la confiance dans l'activité collective. Application à la coordination de l'activité de chantier de construction

Résumé

Les spécificités du secteur de la construction engendrent un contexte de travail coopératif que nous pouvons qualifier d'incertain par nature. L'activité de chantier se caractérise par un mode de production in situ. Dès lors, nombreux sont les dysfonctionnements qui peuvent apparaître. Nous citerons, par exemple, les problèmes liés à la nature du sol, aux intempéries ou encore ceux qui sont propres aux interactions entre les intervenants (ex. fourniture en matériaux, interfaces entre les corps de métier...). Aussi, la coordination repose sur un mélange subtil entre interactions implicites et explicites, où l'organisation prend de multiples configurations (hiérarchique, adhocratique ou transversale), et où la qualité du processus collectif repose sur l'autonomie et le sens des responsabilités de chacun des intervenants. Nous faisons l'hypothèse qu'un tel contexte est largement fondé sur la notion de confiance, car celle-ci a la capacité de réduire la perception du risque et de permettre l'action dans un environnement marqué par de nombreuses incertitudes. En conséquence, nous suggérons un rapprochement entre les outils d'assistance à la coordination et la notion de confiance, et nous proposons une nouvelle approche du pilotage de l'activité collective à partir de la représentation de la confiance.

Ce travail de doctorat se structure autour de la notion de «confiance dans le bon déroulement de l'activité». Nous suggérons que celle-ci est dépendante de chacune des dimensions de l'activité collective : sa progression, les acteurs chargés de son exécution, les ouvrages en résultant (et leur difficulté de mise en oeuvre), ainsi que les documents nécessaires à sa réalisation. Aussi, notre méthode consiste d'abord en l'identification des divers critères de confiance, consolidés par une étude de terrain. Puis, nous établissons un modèle mathématique destiné à évaluer cette confiance à partir des informations issues d'un contexte de coopération. Sur base de ces éléments, s'en suit la proposition d'un prototype dénommé Bat'iTrust, reposant sur une architecture logicielle multi-vues et orientée services. Pour l'utilisateur, la navigation au sein de ce prototype est guidée par un tableau de bord centré sur le concept de confiance. Enfin, la validation de cette proposition repose sur des enquêtes et une phase d'expérimentation qui nous ont permis de confronter nos résultats à des sujets expérimentaux représentatifs du domaine.

Mots-clés : *Confiance, Coordination, Construction, Chantier, Activité collective, Système d'information, Tableau de bord, SOA (Service Oriented Architecture), Interface Homme-Machine (IHM), Interface riche*

Representation of trust in collective activity. Application to the coordination of the building construction activity

Abstract

Specificities of the construction sector generate uncertain cooperative work context. Especially, the building construction is an "on-site" production activity. Therefore numerous dysfunctions can appear during the activity. For example we underline possible problems due to the ground composition, to the bad weather conditions, or dysfunctions related to interactions between participants (e.g. material supply, workers interfaces...). Coordination of building construction depends on a subtle combination between explicit vs. implicit interactions, where organization takes various forms (i.e. hierarchic, adhocratc and transversal). Quality of the collective process is thus largely dependent on autonomy capability and responsibility sharing of each of the involved actors. Our hypothesis is that such a collective context is mainly based on the notion of trust. Indeed trust has the capability to reduce the perception of risk and to enable action in uncertain environments. Consequently, we suggest applying trust notion to the issue of design of cooperation support tools, towards a new vision of collective activity management based on trust representation.

This Ph.D. research introduces the notion of "trust in the good progress of the activity". We suggest that this one is dependent on each dimension of collective construction activity: its progress, the actors involved in its execution, the resulting building works (and their construction difficulty), as well as required execution documents (i.e. plans, reports...). Our methodology consists firstly in identifying the various trust criterions that we validate through a first terrain survey. Secondly we establish a mathematical model aiming at evaluating trust level based on cooperation context information. Then the proposition suggests a prototype tool, called Bat'iTrust, implementing a multi-views service-based software architecture. User navigation inside the prototype is guided by a dashboard view centred on the trust concept. Finally the validation is assessed through both surveys and an experimentation stage. These ones allow us to confront our results to experimental subjects representative of the construction domain.

Keywords: *Trust, Coordination, Construction, Building site, Collective activity, Information system, Dashboard, SOA (Service Oriented Architecture), Human-Computer Interface (HCI), Rich interface Application (RIA)*