

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de L'Enseignement Supérieur et de La Recherche Scientifique
Université Kasdi Merbah Ouargla



N° d'ordre :

N° de série :

FACULTE DES SCIENCES ET DE LA TECHNOLOGIE ET DES SCIENCE DE LA
MATIERE

DEPARTEMENT DES MATHEMATIQUES ET INFORMATIQUE

Mémoire

Présenté en vue d'obtenir le diplôme de

Magister en informatique

Spécialité : Technologie de l'Information et de Communication

Proposition d'un Modèle d'Auto-coordination pour la Conception Coopérative des Systèmes de Production

Présenté et soutenu publiquement le 28/06/2012 Par :

M^{elle} Meriem KORICHI

Devant le jury composé de : MM

Dr. SAID Mohamed Said	Maitre de conférences (Université de Ouargla)	Président de jury
Dr. BELATTAR Brahim	Maitre de conférences (Université de Batna)	Examineur
Dr. MELKEMI Kamel-Eddine	Maitre de conférences (Université de Biskra)	Examineur
Dr. KORICHI Ahmed	Maitre de conférences (Université de Ouargla)	Rapporteur

Remerciements

- Nous remercions dans un premier temps, notre Créateur ALLAH qui nous a donné la puissance pour terminer ce travail.
- Je tiens à remercier mon directeur de mémoire, le Docteur Korichi Ahmed, Maître de conférences à l'université de Ouargla de m'avoir fait l'honneur d'examiner ce mémoire et d'en être rapporteur. Je tiens à le remercier aussi pour la pertinence de ses remarques et sa patience pendant ce travail. Il a su m'encourager lorsque je doutais et je tiens à lui témoigner ma gratitude et ma reconnaissance.
- Je remercie vivement Monsieur le Dr. SAID Mohamed Said, maître de conférences à l'université de Ouargla de m'avoir fait l'honneur d'être président de mon jury.
- Je remercie très sincèrement Monsieur le Dr. BELATTAR Brahim Maître de conférences à l'Université de Batna, d'avoir accepté de faire partie de mon jury de mémoire.
- Je remercie très sincèrement Monsieur le Dr. MELKEMI Kamel-Eddine, Maître de conférences à l'Université de Biskra, qui m'a fait l'honneur de juger ce travail.
- Je remercie tous ce qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce mémoire.

Meriem Korichi

Résumé

L'objectif de ce mémoire est d'analyser la conduite d'un projet de conception des systèmes de production tant qu'activité coopérative. Nous avons proposé un modèle qui décrit le contexte d'un projet de simulation vu que cette dernière est la mieux adaptée pour la conception de ces systèmes. Le modèle proposé favorise l'émergence d'une coordination spontanée entre les acteurs du projet en se focalisant sur l'expression des relations tissées entre les éléments du contexte coopératif. Nous nous sommes basées sur le modèle sociologique de Bardram qui prend en compte l'aspect dynamique d'un travail coopérative. En plus ce modèle est basé sur la théorie de l'activité largement utilisé dans le domaine du TCAO. L'approche MDA que nous avons employée pour la création de ce modèle semble être suffisamment flexible pour permettre des évolutions et des développements dans d'autres domaines. Nous avons validé notre modèle par des outils de l'ingénierie dirigé par les modèles (MDA). L'architecture fonctionnelle et l'aspect technique du déploiement du collecticiel ont été détaillés afin de permettre une implémentation aisée.

Mots clés : Travail coopérative, système de production, MDA, modélisation, simulation, coordination. TCAO, Théorie de l'activité, Modèle de Bardram collecticiel.

Abstract

The objective of this paper is to analyze the conduct of a production project design systems as cooperative activity. We proposed a model that describes the context of a simulation project since that the simulation is the best adapted method for the design of these systems. The proposed model supports the emergence of a spontaneous coordination between project actors by focusing on the expression of relationships between the elements of the cooperative context. We are based on the sociological model of Bardram that takes into account the dynamic aspect of a cooperative working. In addition this model is based on activity theory widely used in the field of CSCW. The approach MDA which we used for the creation of this model seems to be enough flexible to allow evolutions and developments in the other domains. We validated our model by tools of model-driven engineering (MDA). We also proposed a functional architecture of a groupware-based simulation on our model. The functional architecture and the technical deployment of groupware were detailed to enable an easy implementation.

Keywords: Cooperative Work, production system, MDA, modeling, simulation, coordination, CSCW, Activity theory, model of Bardram, groupware.

TABLES DES MATIERES

TABLES DES MATIERES	iv
LISTE DES FIGURES	viii
LISTE DES TABLES	ix
Introduction générale	1
1. Introduction	1
2. Organisation du mémoire	2
Chapitre 1 : TCAO : fondements théoriques et technologies	4
1. Introduction	4
2. Les formes de l'activité collective	5
2.1. La coordination	5
2.2. La coopération (opérer ensemble)	6
2.3. La collaboration (travailler ensemble)	6
3. La théorie de l'activité	8
3.1. Les niveaux d'une activité	9
3.1.1. L'activité	10
3.1.2. L'action	10
3.1.3. L'opération	10
3.2. Les propriétés de la théorie de l'activité	11
3.3. Structuration d'une activité	12
3.4. Les apports de kuutti	13
3.4.1. L'activité comme unité de base d'analyse du TCAO	13
3.4.2. L'expansivité	14
3.4.3. L'organisation	15
3.5. Les apports de Bardram	16
3.5.1. Le problème de TCAO	16
3.5.2. Les trois niveaux de l'activité selon bardram	16
3.5.3. Les transformations dynamiques entre les niveaux	18
4. Le travail coopératif assisté par ordinateur	20
4.1. Terminologies	21
4.1.1. TCAO(CSCW)	21
4.1.2. Le collecticiel (<i>Groupware</i>)	21
4.1.3. Groupes, rôles, agents, acteurs et utilisateurs	21
4.1.4. Contexte partagé et vue	22

4.2. Classifications des collecticiels	22
4.2.1. Classification espace-temps.....	23
4.2.2. Classification fonctionnelle.....	24
4.3. Les technologies TCAO.....	26
4.3.1. Les technologies de communication	26
4.3.2. Les technologies de partage d'espace d'information	26
4.3.3. Technologies de coordination	27
5. Conclusion	28
Chapitre 2 : La conception coopérante d'un système de production.....	29
1. Introduction	29
2. Les systemes de production	30
2.1. Définitions	30
2.2. Complexité du système de production	32
3. La simulation : technique de conception des systèmes de production	33
3.1. Le fondement de la simulation : modélisation et notion de modèle.....	34
3.1.1. Modèles et modélisation	34
3.1.2. La simulation	35
3.2. Logique de changement d'état et simulation	35
3.2.1. La logique orientée évènements (event scheduling)	36
3.2.2. La logique orientée activités (activity scanning)	36
3.2.3. La logique orientée processus (process interaction)	36
3.2.4. L'approche orientée objets	36
3.3. Les outils de simulation	37
3.3.1. Définition	37
3.3.2. Classification des langages en fonction de la specialisation	37
3.3.3. Classification des langages en fonction de l'approche de modelisation	39
4. La conception coopérante d'un système de production : simulation coopérante.....	39
4.1. Les modes de coopération.....	41
4.2. Les acteurs d'un projet de simulation	42
4.3. Les étapes d'un projet de simulation	43
4.4. Techniques de coopération en simulation	47
5. Travaux coopératifs dans le domaine de simulation (état de l'art)	48
6. Conclusion	52

Chapitre 3 : La coordination dans un projet de simulation.....	53
1. Introduction _____	53
2. La coordination, ou la gestion des interdépendances _____	54
2.1. La gestion des « interdépendances entre les membres »	54
2.1.1. Le couplage de communauté (pooled interdependence)	54
2.1.2. Le couplage séquentiel (sequential interdependence).....	54
2.1.3. Le couplage reciproque (reciprocal interdependence).....	55
2.2. La gestion des interdépendances entre les activités.....	55
3. Typologie des mécanismes de coordination _____	57
3.1. La supervision directe.....	57
3.2. La standardisation des procédés de travail.....	57
3.3. La standardisation des résultats.....	57
3.4. La standardisation des qualifications	58
3.5. L’ajustement mutuel	58
4. Formes de la coordination dans un projet de simulation _____	59
4.1. La coordination explicite	59
4.2. La coordination implicite	60
5. Supports de la coordination _____	60
5.1. La communication comme support de coordination	60
5.2. Moyens de communication	62
5.2.1. Les réunions.....	62
5.2.2. Les documents	63
5.2.3. Contrôle de concurrence	63
5.3. La coordination programmée (technique de planification).....	65
5.3.1. La méthode Gantt	65
5.3.2. La méthode PERT	66
5.4. La coordination implicite (autocoordination) par les requêtes typées	66
6. Conclusion _____	67
Chapitre 4 : Le méta-modèle d’auto-coordination.....	68
1. Introduction _____	68
2. Model Driven Architecture (Ingénierie Dirigée par les Modèles) _____	69
3. Le langage UML _____	74
4. Etat de l’art des modèles de coopération _____	77
4.1. Le « Workflow Reference Model »	77
4.2. Le méta-modèle de DARE (Distributed Activities in a Reflexive Environment)	79

4.3.	Le méta-modèle de CRAI (UN méta-modèle orienté relations).....	81
5.	Un modèle d'auto-coordination pour la simulation coopérative	86
5.1.	Utilisation du concept d'artéfact dans le méta-modèle.....	86
5.2.	Introduction du concept de panne	87
5.3.	Application du méta-modèle de coopération a un projet de simulation	91
5.3.1.	Modèle des acteurs	91
5.3.2.	Modèle des activités.....	93
5.3.3.	Modèle des artéfacts.....	95
5.3.4.	modèle des rôles.....	97
5.3.5.	Modèle des pannes.....	99
6.	Conclusion	100
Chapitre 5 : Vérification et validation.....		101
1.	Introduction :	101
2.	Validation de la conformité du modèle	102
2.1.	Description de la plateforme utilisée	102
2.2.	Création du méta-modèle.....	103
2.3.	Création d'un modèle (M1).....	104
2.4.	Saisie d'un modèle M0	105
3.	Validation du modèle	105
3.1.	Vérification du modèle d'acteurs	106
3.2.	Représentation des activités.....	109
3.3.	Représentation des rôles	110
3.4.	Représentation des artéfacts	112
3.5.	Représentation des pannes	113
4.	Architecture fonctionnelle du collecticiel	114
4.1.	Les cas d'utilisation	114
4.2.	Architecture du collecticiel	116
4.3.	Déploiement du collecticiel	119
5.	Conclusion	122
Conclusion générale		123
conclusion.....		123
BIBLIOGRAPHIE.....		126

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Différenciation terminologique détaillée entre la coopération et la collaboration.....	7
Figure 2 : Les niveaux hiérarchiques d'une activité.....	9
Figure 3 : Structure d'une activité dans la Théorie de l'Activité.....	12
Figure 4 : Structuration d'un système d'activités selon Engeström (1997).	13
Figure 5 : Les dynamiques du travail coopératif. [Bardram 98a].....	17
Figure 6 : Ontologie pour la description des tâches (illustration issu de [Veer 2000]).	22
Figure 7 : Le trèfle fonctionnel.....	24
Figure 8 : Décomposition d'un système de production [Livet 2002].	31
Figure 9 : Processus simplifié de Modélisation.....	34
Figure 10 : Les familles acteurs d'un projet de simulation [Korichi 2009].....	42
Figure 11 : Liste de participants d'un projet de simulation [Korichi 2009].....	43
Figure 12 : Les étapes d'un projet de simulation [Belattar 2000].....	44
Figure 13 : Simulation en distance.....	49
Figure 14 : Simulation en local.	50
Figure 15: Interdépendances entre membres, inspiré de [Zolin & al 2000].....	55
Figure 16 : Architecture de modèles du MOF [Kubicki 2006].....	70
Figure 17 : Méta-modèle de MDA [Miller & Mukerji 2001].....	71
Figure 18: Principe de projection du MOF vers XML [Hanser 2003].....	72
Figure 19: Principe de la transformation utilisant un processeur XSLT.....	73
Figure 20 : Modèles de transformation [Kubicki 2006].....	73
Figure 21 : Les notations utilisées dans un diagramme de classe.	76
Figure 22: Exemple d'un diagramme de collaboration.	76
Figure 23 : Méta-modèle d'un processus de workflow, par la WfMC.....	78
Figure 24 : Modèle conceptuel de DARE basé sur la théorie de l'activité [Bourguin 2000].	79
Figure 25: Le méta-modèle de DARE [Bourguin 2000 p 119].	80
Figure 26 : Les concepts principaux du méta-modèle de coopération orienté 'relations' [Hanser 2003].....	83
Figure 27 : Vue générale du méta-modèle de coopération [Hanser 2003].	85
Figure 28: L'artéfact dans le méta-modèle.....	87
Figure 29 : Le méta-modèle du contexte d'une activité coopérative dans sa nouvelle version.....	90
Figure 30: Modèle des acteurs d'un projet de simulation.	92
Figure 31 : Modèle des activités.....	94
Figure 32 : Modèles des artéfacts.	96
Figure 33: Modèle des rôles dans un projet de simulation.....	98
Figure 34: Modèle des pannes.....	99
Figure 35 : L'interface graphique du ModX.....	103
Figure 36: La saisie du méta-modèle sous ModX.....	104
Figure 37 : Saisie du modèle de contexte d'un projet de simulation (M1).	105
Figure 38: Le modèle des acteurs sous « Rational Rose »	107
Figure 39 : diagramme de collaboration associé au diagramme de classe.	108
Figure 40: Représentation des activités du projet.	109
Figure 41 : Représentation des requêtes.	110
Figure 42 : Représentation des rôles dans l'étape de construction de la simulation.....	111
Figure 43: Représentation des artéfacts.	112
Figure 44 : Représentation des pannes (exemple1).....	113
Figure 45 : Représentation des pannes (exemple2).....	114
Figure 46 : Diagramme de cas d'utilisation du collecticiel de simulation.	115
Figure 47 : Architecture Fonctionnelle du collecticiel.....	117
Figure 48 : Technologies à utiliser pour l'implémentation du notre collecticiel.....	121

LISTE DES TABLES

<i>Tableau 1 : Tableau récapitulatif de la différence entre coopération et collaboration [Bouattour2005].</i>	8
<i>Tableau 2 : Relations entre acteur et système de support au travail selon Kuutti.</i>	15
<i>Tableau 3 : Classification espace-temps.</i>	23
<i>Tableau 4: Tableau comparatif des langages de simulation selon la spécialisation [Habchi 2001].</i>	38
<i>Tableau 5 : Interdépendances selon Malone et Crowstone.</i>	56

Introduction générale

1. INTRODUCTION

Avec le formidable développement technologique, Les entreprises se trouvent de plus en plus confrontées à une concurrence mondiale très rude. Pour satisfaire des attentes clients toujours plus exigeantes, ces entreprises sont engagées dans des stratégies d'amélioration de leur système de production. Ainsi, la conception des systèmes de production doit être toujours plus efficace (peu de moyens, rapide) et efficiente (solution pertinente, maîtrise des risques), et cela, dans une grande variété de contextes [Guénebaut & al 2007].

Aujourd'hui, il est largement reconnu que la simulation par ordinateur est la technique la plus efficace pour la conception des systèmes de production. L'utilisation de cette technique dans ce domaine est toujours privilégiée et leurs avantages sont très avancés [Korichi 2009].

Il est aussi communément reconnu que pour pouvoir utiliser correctement et intelligemment les méthodes de simulation, il faut disposer de connaissances plus ou moins solides dans des domaines variés (Probabilités et Statistiques, Modélisation, Programmation, etc.). Malheureusement, il est souvent rare pour ne pas dire impossible de trouver au sein de l'entreprise un cadre possédant à lui seul toutes les connaissances requises pour pouvoir mener à terme un projet de simulation sans avoir recours aux connaissances d'un certain nombre d'individus internes ou externes à son entreprise. Tout projet de simulation quelle que soit son envergure fait intervenir donc de près ou de loin de nombreuses personnes avec des compétences et des rôles différents [korichi & Belattar 2009]. Il est donc clair que le rôle de la coopération est déterminant dans un ce type de projet.

Les recherches dans le domaine du travail coopératif assisté par ordinateur (TCAO) ont pour but de proposer des logiciels permettant le travail en groupe (collecticiels ou groupware). Ces logiciels permettent aux participants d'un groupe de travail de partager un environnement commun et de participer à une tâche commune à partir de leurs stations de travail sans avoir à se déplacer pour coordonner leurs actions. Le succès d'un travail coopératif peut se mesurer à la façon dont les collecticiels sont capables de créer, et de soutenir une bonne dynamique de groupe. Le

travail doit pouvoir se dérouler au moins aussi naturellement qu'en présentiel et sans le support informatique [Tarpin-Bernard 1997b].

Un collecticiel doit permettre à ses utilisateurs de synchroniser et de réguler leur activité. Ceci peut être réalisé principalement selon deux modes : [Hanser 2003]

- En définissant un processus à suivre lors de l'exécution du travail collectif
- ou en constituant une 'conscience de groupe' propice à la coopération.

Si le premier mode de coordination est aujourd'hui bien connu¹, la seconde demeure l'objet de plusieurs recherches. Il semble être particulièrement adapté à des situations impliquant des groupes hétérogènes et dispersés tels que nous les retrouvons dans un projet de simulation.

L'objectif de ce mémoire est d'analyser la conduite d'un projet de simulation tant qu'activité coopérative et la proposition d'un modèle de ces pratiques. L'apport de cette recherche est de mettre en correspondance les théories sociologiques traitant de l'activité collective et l'expérience accumulée concernant la simulation des systèmes de production dans un modèle conceptuel permettant de décrire le contexte du projet. Ce modèle sera conçu selon les principes de l'IDM², en utilisant un formalisme standard répandu dans le domaine de l'ingénierie logicielle, afin de permettre des implémentations et des extensions plus aisées.

2. ORGANISATION DU MEMOIRE

Ce mémoire est organisé comme suit :

Nous commençons par une **introduction générale** où on introduit notre thème de recherche ainsi que les objectifs de notre travail. Dans le **premier chapitre** nous avons présenté les fondements théoriques et les technologies du travail collaboratif assisté par ordinateur (TCAO). Dans la première partie de ce chapitre nous avons présenté une des théories sociologiques les plus utilisées dans le domaine de TCAO qui est la théorie de l'activité et le modèle de Bardram qui est basé sur cette théorie. La deuxième partie décrit les outils et les technologies du TCAO. Dans **Le chapitre 2** on a décrit la conception coopérante des systèmes de production. On a montré les avantages des

¹ Par exemple : plateformes de workflow.

² Ingénierie dirigé par les modèles.

utilisations de la simulation comme méthode de conception de ces derniers et on a décrit l'aspect coopératif d'un projet de simulation. **Le chapitre 3** a pour objectif de décrire les moyens qui permettent aux acteurs d'un projet de simulation de coordonner leur travail, nous avons présenté les différents aspects de la coordination. Dans **le chapitre 4** on a dressé un état de l'art des modèles actuellement utilisés pour la spécification d'applications fournissant un support au travail coopérative, dans ce chapitre nous avons proposé un méta-modèle de coordination pour un projet de simulation basé sur le modèle de Bardram. Dans **Le chapitre 5** on a procédé à la vérification et la validation du modèle proposé et on a proposé une architecture fonctionnelle d'un collecticiel de simulation. Enfin, nous avons conclu notre mémoire par une **conclusion générale**.

Chapitre

1

TCAO : fondements théoriques et technologies

1. INTRODUCTION

Avec les progrès incessants des réseaux et télécommunications, il est aujourd'hui possible de faire travailler de façon coopérative plusieurs personnes distantes. C'est ce que l'on appelle le travail coopératif assisté par ordinateur ou TCAO.

Pour concevoir des systèmes coopératifs et des outils TCAO (collecticiels, Workflow...), de nombreuses théories et modèles qui sont introduits par les sciences humaines sont souvent utilisés tel que : la théorie de l'activité. Bourguin affirme que « les théories telles que celles de l'activité apportent une conceptualisation appropriée à la création d'une abstraction utile et commune à la compréhension du travail coopératif et à la conception des systèmes qui le supportent » [Bourguin 2000].

Dans la première partie de ce chapitre nous présentons la théorie de l'activité en détails comme théorie de base en science sociale appliquées dans le domaine de TCAO, puis nous expliquons le problème de TCAO, enfin nous présentons le modèle de Bardram comme solution de ce problème.

Dans la deuxième partie nous présentons les différents outils TCAO ainsi que ses technologies.

Mais pour mieux comprendre les opérations collectives et les modes d'interaction dans une activité il est nécessaire de distinguer entre les trois termes de 'coordination', 'collaboration' et 'coopération' qui définissant le travail collectif.

2. LES FORMES DE L'ACTIVITE COLLECTIVE

Une activité collective implique de nombreux acteurs, qui interagissent et génèrent de l'information en vue d'atteindre un objectif commun. La caractéristique importante de cette activité est qu'un tel rassemblement d'acteurs nécessite la mise en œuvre de protocoles de coordination pour encadrer leur travail. Ce travail peut être réalisé en coopération et ou en collaboration.

2.1. LA COORDINATION

La coordination permet aux membres d'un groupe d'articuler les actions de chacun pour concevoir et réaliser ensemble un produit collectif : « elle regroupe l'ensemble des mécanismes par lesquels les individus intègrent leurs activités productives ». Elle intervient soit au moment de l'assemblage final des contributions partielles dans le cadre d'une coopération, soit pendant la réalisation d'une tâche lorsqu'il s'agit d'une collaboration. La coordination est donc une activité indissociable des activités de coopération et de collaboration, qu'elle organise et qu'elle structure. Elle constitue le mode par lequel l'activité collective s'assure d'être efficace [Bouattour2005].

La coordination prend principalement deux formes, l'une explicite³ et l'autre implicite⁴. La coordination explicite est l'application des procédures décrites dans les règles ou les contrats passés entre les membres d'une communauté. Elle concerne des acteurs ayant un rôle identifié et en rapport direct avec l'exécution de la procédure. La coordination implicite sert à supporter des actions de coordination initiées par l'utilisateur. Elle sert de support à l'imprévu et permet d'ajuster l'exécution d'une activité. Ces deux modes de coordination sont mis en œuvre dans des proportions variables au cours de la collaboration et de la coopération.

³L'explicite est ce qui est suffisamment clair et précis dans l'énoncé; qui ne peut laisser de doute. La connaissance explicite est ce que l'homme est prêt à énoncer, communiquer et transmettre dans un langage formel et systématique quelle que soit la situation d'énonciation [Bouattour2005].

⁴L'implicite est ce qui est virtuellement contenu dans un fait, sans être formellement exprimé ; qui peut en être tiré par voie de conséquence, par déduction et induction. La connaissance implicite est ce que l'Homme connaît sans vouloir l'exprimer; c'est ce que sous-entend la situation d'énonciation.

2.2. LA COOPERATION (OPERER ENSEMBLE)

La coopération consiste en un travail en groupe hiérarchiquement organisé qui fonctionne suivant un planning impliquant des délais et un partage des tâches (coordination) [Viguie 2010].

Chaque intervenant sait ce qu'il doit faire dès le début et communique, échange ou partage des éléments uniquement pour arriver à son objectif individuel. A la fin, le travail de chacun est relié pour créer un objet unique de travail. La coopération se caractérise par des relations informelles, sans mission ou structure définie, le partage de l'information se fait sans règle établie. Elle est fondée sur un mode de coordination principalement implicite [Hanser 2003].

Exemple :

Un blog : même si chaque internaute peut apporter son commentaire, le modérateur du blog a déterminé à l'avance le thème de discussion (cadre important) et peut également à tout moment décider de supprimer un apport.

2.3. LA COLLABORATION (TRAVAILLER ENSEMBLE)

La collaboration consiste en un travail en groupe d'égal à égal (sans lien hiérarchique de commandement ou d'impulsion) qui fonctionne sans véritable organisation préalable (coordination) [Viguie 2010].

Chaque intervenant apporte son savoir, son idée en pouvant ou non s'inspirer des apports réalisés précédemment par les autres (travail que l'on peut apparenter à une réunion de type non directive recherchant la créativité).

La collaboration se caractérise par des relations durables et proches. Elle requiert donc un engagement de la part des acteurs. Selon cette définition, la collaboration comporte une grande part de coordination explicite et se retrouve en priorité dans des activités dont le déroulement est connu, voire routinier [Hanser 2003].

Exemple :

1- Un wiki : chaque internaute peut ajouter un commentaire sur le site ou corriger ceux des autres.

2 - Un tableau blanc : chaque internaute écrit, dessine ou dépose un document sur le tableau (Le travail se fait par accumulations et modifications permanentes, le travail individuel est difficilement identifiable à la fin).

J. Lomchamp (2003) rend compte de l'ambiguïté de différenciation dans la terminologie entre la coopération et la collaboration dans le travail collectif.

Quand il y a partage d'un but global, le travail est collectif. Quand les buts globaux diffèrent, le travail est individuel. Dans le cadre du travail collectif, si les sous-buts des acteurs sont communs, il s'agit d'une collaboration. Si au contraire les sous-buts sont différents, il s'agit d'une coopération. (Voir Figure 1).

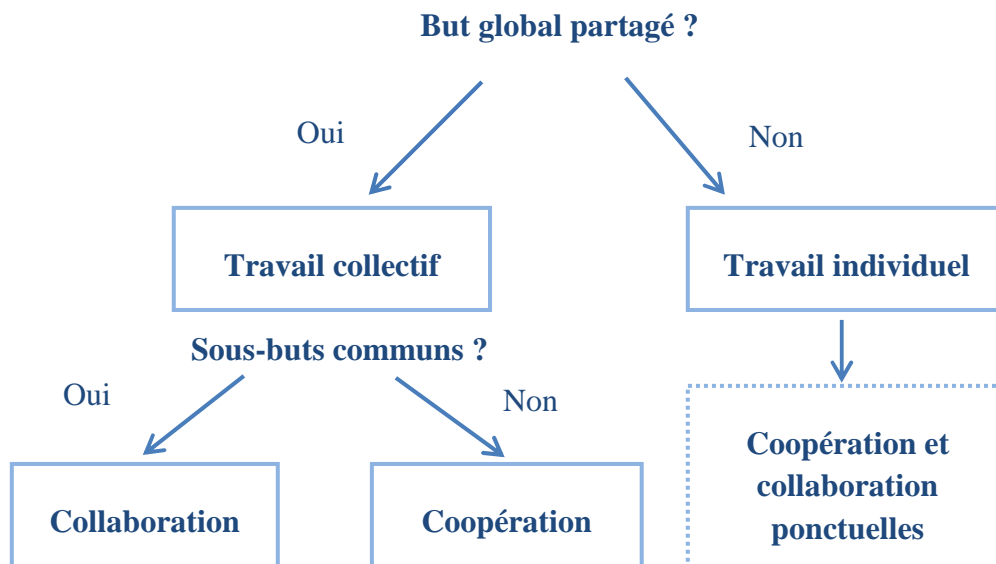


Figure 1: Différenciation terminologique détaillée entre la coopération et la collaboration.

Nous pouvons résumer les principales différences entre un travail coopératif et un travail collectif dans le tableau récapitulatif ci-dessous :

	Coopération	Collaboration
Mode de travail	Agir conjointement	Travailler ensemble
Objectif	-Concourir à une œuvre commune, l'action collective 'finalisée' -Les acteurs n'ont pas des sous buts communs.	Les acteurs ont des sous-buts communs
Mode d'évaluation	Les acteurs sont évalués en équipe.	Chaque individu est évalué indépendamment.
Les types de relations	Les relations sont non structurées, voire informelles.	Les relations sont durables et proches entre les acteurs.
Le type de coordination	La coordination est principalement implicite	La coordination est explicite

Tableau 1 : Tableau récapitulatif de la différence entre coopération et collaboration [Bouattour2005].

L'importance de la distinction entre ces deux formes de travail collectif est, d'une certaine manière, liée à l'aspect créatif ou non d'un travail de groupe : le travail coopératif est plus favorable à la réalisation d'activités de conception, alors que le travail collaboratif est plus adapté à des processus de réalisation [Hanser 2003].

3. LA THEORIE DE L'ACTIVITE

La Théorie de l'Activité (Activity Theory ou AT) est un courant des sciences humaines qui profite d'une large audience dans le domaine de l'Interaction Homme-Machine (IHM) et du TCAO. Elle prend naissance dans l'école historico-culturelle soviétique de la psychologie, fondée par L.Vygotski, dans les années 1920 [Bourguin 2000].

Son origine est l'analyse des processus d'apprentissage au travers des relations entretenues entre un sujet et son environnement, Elle représente un ensemble de principes de base qui incluent la structuration hiérarchique des activités, le rôle de médiation des outils et l'importance de la dynamique [Hanser 2003].

Le père de l'AT est A. Leont'ev, qui poursuit les travaux de Vygotsky d'abord en tant qu'étudiant, puis en tant que collègue. Progressivement, l'AT s'est révélée être un corps de

concepts dont le but est d'unifier la compréhension de l'activité humaine en fournissant les ponts vers les autres approches provenant des sciences humaines [Bourguin 2000].

L'unité fondamentale d'analyse de l'AT est l'activité humaine qui est définie comme un système cohérent de processus mentaux internes, d'un comportement externe et de processus motivationnels qui sont combinés et dirigés pour réaliser des buts conscients.

A.N. Leontiev (1978) définit trois niveaux dans l'analyse des activités humaine : l'activité, l'action et l'opération [Bouattour2005].

3.1. LES NIVEAUX D'UNE ACTIVITE

L'activité peut être divisée dans une structure hiérarchique comprenant trois niveaux : l'activité, l'action, et l'opération. Cette structure, représentée dans la Figure I.3, décrit les activités, au niveau le plus haut, naissent d'un besoin (ou motivation) qui se concrétise en un objet, physique ou mental (livre à écrire ou campagne humanitaire à mener). Ces activités sont réalisées à travers des chaînes d'actions, individuelles ou collectives, partageant cet objet.

Les actions sont elles-mêmes réalisées à travers des chaînes d'opérations, au niveau le plus bas. Ces opérations sont en principe inconscientes et correspondent à des actions dont le modèle s'est montré suffisamment fiable pour qu'une orientation consciente soit inutile [Bourguin 2000].

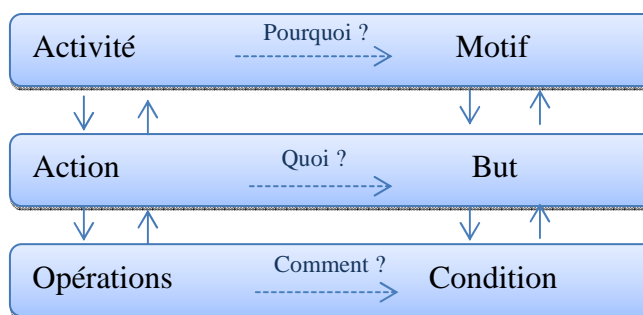


Figure 2 : Les niveaux hiérarchiques d'une activité.

L'activité explique *pourquoi* l'activité a lieu (le motif), les actions, *quoi* faire pour atteindre cet objectif (les buts) et les opérations, *comment* l'activité est réalisée (les conditions) [Bardram 98a].

3.1.1. L'ACTIVITE

Une activité naît d'un besoin qui se concrétise en un objet (mental ou physique). C'est un objectif qui lui est propre et qui est associé à au moins un sujet actif qui a une compréhension complète de l'objectif, et qui y adhère pleinement. La réalisation de cette activité se déroule sur un temps plus ou moins long, celle-ci est guidée par son objectif que le sujet désire atteindre.

D'un point de vue systémique, une activité est la transformation d'un objet au cours d'un processus comportant un certain nombre d'étapes ou de phases. Les activités sont réalisées comme des chaînes ou réseaux d'actions individuelles ou collectives partageant le même objet. Elles subissent continuellement l'influence de leurs environnements qu'elles ne cessent de modifier.

3.1.2. L'ACTION

L'action est le niveau hiérarchique intermédiaire; elle est orientée vers un but conscient. Elle n'est intelligible que considérée au sein de l'activité à laquelle elle appartient⁵. Une action est souvent poly-motivée, c'est-à-dire qu'une seule et même action peut appartenir à plusieurs activités. De ce fait, l'action effectuée peut être interprétée différemment suivant l'activité dans laquelle on la considère.

L'exécution d'une action est planifiée en utilisant un modèle au cours d'une phase appelée orientation. Plus le modèle mis en œuvre est fiable, plus l'action a des chances d'atteindre son but. Dans le cas contraire, le sujet entre dans une phase d'analyse et d'apprentissage au cours de laquelle il sera certainement amené à modifier le modèle défaillant et, ainsi, augmenter son expérience.

3.1.3. L'OPERATION

Les opérations représentent le niveau hiérarchique inférieur. Elles sont les moyens d'exécution des actions. Ce sont des comportements routiniers, déterminés par les conditions objectives dans lesquelles les buts doivent être atteints. Les opérations peuvent elles-mêmes être divisées en blocs de fonctions [Bouattour2005].

⁵Il est difficile de comprendre une action en le considérant en dehors de son contexte, c'est-à-dire de son activité. Ainsi une même action peut appartenir à plusieurs activités. De ce fait, l'action effectuée peut être interprétée différemment suivant l'activité dans laquelle on la considère.

La limite entre activité, action et opération est par conséquent assez difficile à cerner. De même, une action peut être divisée en une série de sous-actions et un objectif peut être divisé en une série de sous-objectifs.

La théorie de l'activité spécifie que les éléments constitutifs peuvent changer de niveau.

Par exemple :

- ✚ Une activité peut perdre son motif et se transformer en une action.
- ✚ Une action peut prendre de l'importance et devenir une activité.
- ✚ Une action peut devenir routinière et s'effectuer de manière inconsciente, se transformant alors en opération.
- ✚ Une opération à son tour peut évoluer délibérément en une action afin de l'améliorer (réfléchir sur le travail routinier) ou bien involontairement quand les conditions de réalisation de l'action au travers d'opérations ne sont pas réunies provoquant, dans ce cas, une panne [Bødker 91, Winograd & al. 86].

3.2. LES PROPRIETES DE LA THEORIE DE L'ACTIVITE

La TA définit huit propriétés de base du concept d'activité : [Bourguin & Derycke 2005]

- 1) Une activité possède un objet (matériel brut ou espace problème) vers lequel elle est dirigée, qui la différencie d'une autre activité, et qui en motive l'existence. La réalisation de l'objet produit une transformation du monde comme, par exemple, la création d'un artefact⁶.
- 2) Une activité possède au moins un sujet (acteur) actif qui comprend et est en accord avec son objet. Tous les participants d'une activité ne comprennent pas ou ne reconnaissent pas forcément l'existence de l'objet de l'activité, auquel cas ils sont identifiés comme des sujets passifs. Le sujet peut être individuel ou collectif.
- 3) Une activité est un phénomène collectif. Le sujet peut être lui-même un collectif. De plus, le sujet fait généralement partie d'une communauté, c'est-à-dire d'un ensemble de sujets partageant le même objet d'activité. Enfin, une activité est toujours influencée par ses conditions environnementales et le sujet impliqué dans une activité, même s'il est seul, est toujours plus ou moins directement influencé par d'autres sujets impliqués dans des activités connexes.

⁶ Un artefact peut être un instrument, un outil ou encore l'objet d'une autre activité.

- 4) Une activité est réalisée par ses participants au travers d'actions orientées vers des buts conscients.
- 5) Une activité existe dans un environnement matériel qu'elle transforme.
- 6) Une activité est un phénomène de développement historique.
- 7) Les contradictions qui y apparaissent en sont la force de développement.
- 8) Les relations existantes entre les éléments d'une activité sont médiatisées culturellement.

3.3. STRUCTURATION D'UNE ACTIVITE

Engeström a défini un modèle structurel simple du concept d'activité : (Figure 3)

L'activité est réalisée par un sujet, individu ou groupe d'individus. L'outil joue un rôle de médiation entre le sujet et l'objet. Les outils sont créés et transformés pendant le développement de l'activité et sont porteurs d'une certaine culture liée à leur développement. L'activité est orientée par un objet qui est transformé en un Produit.

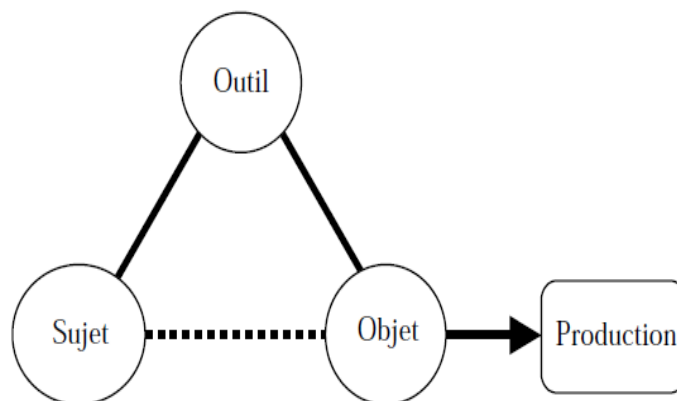


Figure 3 : Structure d'une activité dans la Théorie de l'Activité

L'aspect collectif dans la structure d'une activité

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

La communauté est composée de multiples individus ou groupes d'individus qui partagent un même objet général (but/motivation).

Les règles médiatisant la relation sujet-communauté. Elles peuvent être plus ou moins explicites et contrôlent les relations entre le sujet et la communauté. Elles représentent des normes, des conventions, des procédures administratives, des pratiques de travail acceptées, ou encore des

relations sociales. En d'autres termes, les règles définissent ce que signifie être membre d'une communauté.

La division du travail correspond à l'organisation de la communauté dans le but de la réalisation de l'objet. Elle médiatise la relation communauté-objet et définit ce que chaque sujet d'une communauté doit faire pour réaliser l'activité dans laquelle il est impliqué.

La division du travail reflète les responsabilités des individus envers les autres membres de la communauté. Elle peut refléter les différents rôles que jouent les individus. Il faut noter que dans la littérature, les auteurs utilisent la notion de rôle pour ne décrire que la division du travail.

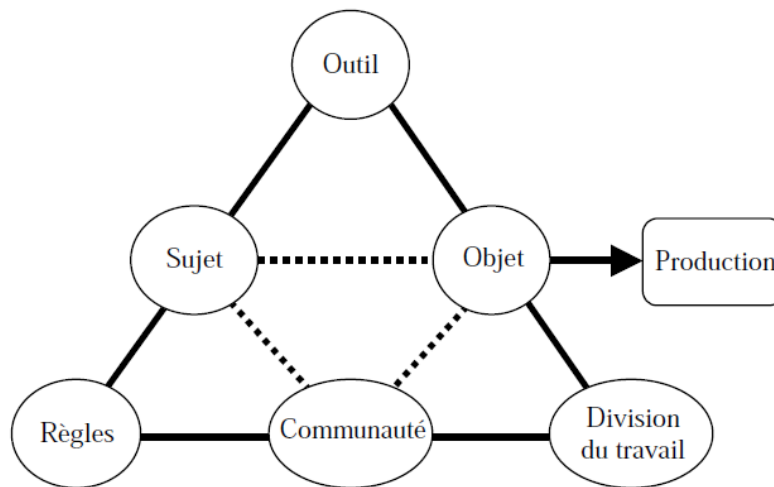


Figure 4 : Structuration d'un système d'activités selon Engeström (1997).

3.4. LES APPORTS DE KUUTTI

3.4.1. L'ACTIVITE COMME UNITE DE BASE D'ANALYSE DU TCAO

En 1991, Kuutti⁷ [Kuutti 1991] explique que le nouveau champ de recherche que constitue le TCAO souffre du problème de la sélection d'une unité basique structurelle et fonctionnelle pour analyser le travail. Plus encore, il identifie qu'il n'existe pas encore de définition adéquate et universelle de ce que signifie, ou de ce qu'on entend par « travail coopératif ».

Après avoir exposé la difficulté persistante à définir le TCAO, même si de nombreux chercheurs tels que Bannon et Schmidt, Lytinen et Suchman se sont attelés à cette tâche,

⁷Grand contributeur à la Théorie de l'Activité.

Kuutti propose lui-même une définition qui serait susceptible de synthétiser toutes les autres : Le TCAO peut être défini comme le travail de multiples sujets actifs qui partagent un objet commun et supporté par la technologie de l'information. Il souligne que l'élément clé de cette définition est le concept de sujets actifs qui permet de différencier le TCAO des systèmes d'information traditionnels dans lesquels la prédétermination de séquences de travail par le système correspond au cas normal d'exécution. Dans cette définition, l'auteur utilise le concept de sujet actif tel qu'il est défini dans l'AT, c'est-à-dire un sujet qui est en accord avec l'objet de son activité et le comprend. Ainsi, dans le but d'isoler un contexte minimal pour l'étude du travail, il définit l'activité, telle qu'elle apparaît dans le modèle d'Engeström, comme unité basique d'analyse pour la recherche en TCAO.

3.4.2. L'EXPANSIVITE

La seconde contribution de Kuutti qui nous semble très importante consiste en une typologie ou une classification des types basiques de support au travail, du point de vue de la technologie de l'information. Il résume cette classification dans un tableau (Tableau 2) dont les colonnes représentent les parties principales qui constituent une activité (la structure basique d'une activité) et dont les lignes représentent les différentes attitudes qu'une personne est susceptible d'adopter au cours de l'activité (passif, actif ou expansif).

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

[Hanser 2003]

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

Tableau 2 : Relations entre acteur et système de support au travail selon Kuutti⁸.

La classification de Kuutti, reprise dans le Tableau 2, permet de caractériser les différentes approches proposées dans les collecticiels. La ligne du bas correspond à des systèmes très orientés vers l'exécution de procédures (i.e. systèmes de workflow productifs), la ligne du haut par contre correspond à des systèmes malléables offrant la possibilité aux utilisateurs de redéfinir leurs propres outils (rôles expansifs). La ligne médiane de ce tableau, correspond à la moyenne des collecticiels actuels, permettant de partager de l'information et de coordonner une équipe de collaborateurs.

3.4.3. L'ORGANISATION

La dernière contribution de Kuutti que nous présenterons utilise l'AT pour replacer les activités dans une analyse organisationnelle [Bourguin 2000].

Kuutti définit l'organisation comme un réseau hiérarchique d'activités interconnectées. Il décrit alors un ensemble non exhaustif de types de connexions. Le principe de base est que chacun des éléments d'une activité (ceux apparaissant dans la structure basique d'une activité d'Engeström) peut constituer l'objet d'une ou de plusieurs autres activités dans l'organisation.

Par exemple, un service peut avoir comme objet de produire des outils qui, une fois réalisés, médatiseront une autre activité.

De cette manière, Kuutti expose comment modéliser et/ou analyser des organisations. Il évoque les problèmes qui peuvent être appréhendés grâce à une telle modélisation. Il expose aussi les différents points qui doivent être pris en compte par les systèmes de support aux organisations.

⁸Cette illustration a été réalisée à partir du tableau proposé dans [Kuutti et Arvonen 1992 p.236].

Pour ce faire, il insiste particulièrement sur la notion d'expansivité ou « *expansiveness* » qui, si elle est supportée par les systèmes, peut apporter une solution aux problèmes émergents dans l'organisation supportée.

3.5. LES APPORTS DE BARDRAM

3.5.1. LE PROBLEME DE TCAO

A l'instar de Kuutti, qui en 1991 s'interrogeait sur la définition universelle du travail coopératif, sept ans plus tard, Jacob Bardram⁹ expose le problème persistant de la recherche à comprendre la nature du TCAO. Ce problème proviendrait du fait que l'on ne s'est pas suffisamment intéressé à l'aspect *dynamique* du travail coopératif [Bardram 98a]. Celui-ci évolue au cours du temps, il est sujet aux pannes et il est perçu différemment selon les acteurs impliqués dans le travail [Bardram 98a].

La notion de pannes et la façon dont les travailleurs les « récupèrent » ont été étudiées dans de nombreuses recherches en sociologie, par exemple, [Suchman 83 ; Symon & al. 96], et en CSCW [Bowers & al. 95 ; Heath & al. 96]. Bardram met l'accent sur le fait qu'il est important de comprendre ces pannes dans la coopération afin de les supporter. Les problèmes de certains systèmes de support au travail coopératif proviennent précisément de cette absence d'outils de support aux pannes dans le flux du travail [Bardram 98a]. Par conséquent, selon Bardram, nous devons étudier et comprendre ces pannes coopératives afin de concevoir des moyens permettant de les réparer [Bardram 98a].

3.5.2. LES TROIS NIVEAUX DE L'ACTIVITE SELON BARDRAM

Afin de décrire la transformation dynamique du travail coopératif, Bardram propose une structure hiérarchique de l'activité coopérative selon trois niveaux qu'il nomme : Co-ordination, Co-opération et Co-construction [Bardram 98b] (Figure 5).

Ces niveaux correspondent respectivement aux trois niveaux de l'activité : opération, action et activité décrits dans la Théorie de l'Activité [Bardram 98b]. Les transformations dynamiques du travail coopératif correspondent alors à des transitions ascendantes ou descendantes entre ces trois niveaux [Bardram 98b].

9

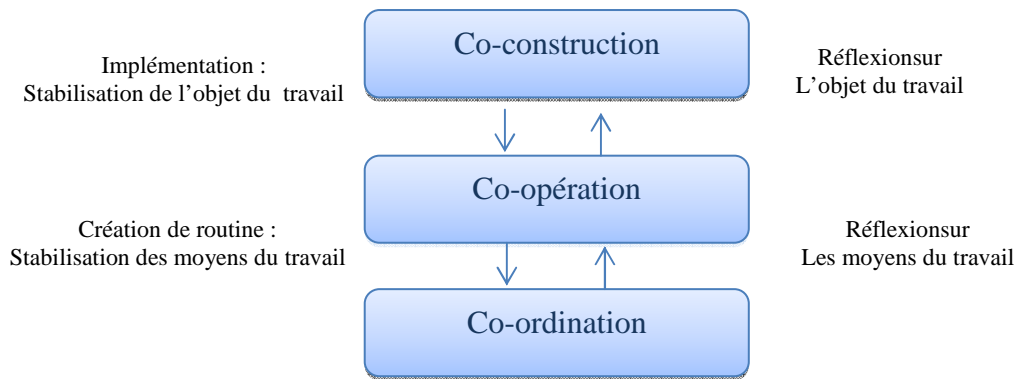


Figure 5 : Les dynamiques du travail coopératif. [Bardram 98a].

1- Le niveau Co-construction

C'est le niveau le plus élevé, celui où les sujets conceptualisent ou ré-conceptualisent leur propre organisation et leur interaction en relation avec l'objet partagé. A ce niveau, l'objet de l'activité n'est pas stable ou n'existe peut-être même pas. Il doit être construit collectivement par les participants de même que l'organisation et l'interaction d'où le terme « Co-construction. ». Ceci correspond à l'expansivité décrite par Kuutti mais principalement focalisée sur l'objet de l'activité lui-même [Moguel 2010].

Par exemple, dans le cas de la conception coopérante d'un système, des questions de niveau Co-construction se présenteraient sous la forme suivante : « Est-ce que l'objectif commun que nous nous sommes fixés permet d'atteindre la solution du problème ? », « Est-ce que notre activité est pertinente ou doit-on la réorienter ? », « Avons-nous tous bien compris le système de la même façon ? », « Pourquoi n'arrivons nous pas à travailler ensemble ? », « Quelle stratégie générale de conception adopter ? », etc. Les réponses à ce genre de question permettent, par exemple, d'élaborer une compréhension mutuelle du système ou l'élaboration d'une stratégie générale de conception.

2- Le niveau Co-opération

C'est le niveau intermédiaire, est celui où les sujets sont actifs, c'est-à-dire qu'ils partagent l'objet de leur activité. Les sujets au lieu de se concentrer chacun sur la réalisation des actions et des rôles assignés, se concentrent sur un objet commun.

Une différence importante entre les niveaux Coordinations et Coopérations est le partage de l'objectif. À ce niveau, l'objet est stable et, en général, accepté par les différents acteurs.

C'est à ce niveau aussi que les moyens de la réalisation de l'activité doivent être établis [Moguel 2010]. Il s'agit essentiellement :

- d'élaborer une décomposition de l'activité en plusieurs actions et de les répartir sur plusieurs acteurs.
- de choisir les artefacts appropriés qui vont être utilisés comme outil de médiation des actions [Bardram 98a].

Par exemple, dans le cas de conception coopérante, la décomposition des tâches en sous-tâches ou la prise de décision (qui fait quoi, quand, etc.) relèvent de ce niveau.

3- Le niveau Co-ordination

Correspond au niveau le plus bas où les individus ne font que se concentrer sur la réalisation d'actions prédéterminées par un script d'exécution. Ce niveau correspond bien au niveau 'passif' ou 'opération' de la classification de Kuutti [Moguel 2010].

Chaque individu suit un rôle ou des processus qui ont été établis dans les niveaux supérieurs de l'activité. Il est concentré sur la réussite des actions qui lui ont été assignées selon des règles écrites, des plans, des horaires, des normes ou des traditions, etc. et en fonction des conditions de travail.

Par exemple, dans le cas de conception coopérante, l'exécution des tâches et sous tâches choisies par un concepteur sont des actions de niveau Co-ordination.

3.5.3. LES TRANSFORMATIONS DYNAMIQUES ENTRE LES NIVEAUX

Selon Bardram, la structure hiérarchique de l'activité serait incomplète sans la notion essentielle de « transformation dynamique entre les niveaux ». Ce sont ces transformations qui permettent de prendre en compte la dynamique du travail coopératif. Ces transformations sont liées à la stabilité (ou l'instabilité) des moyens du travail et de l'objet du travail [Moguel 2010].

a- Les transformations descendantes

La résolution des problèmes ou des contradictions est accompagnée d'une transition vers les niveaux inférieurs (transformation descendante) permettant la poursuite de la réalisation de l'activité [Bardram 98b].

L'implémentation

L'implémentation est la transition du niveau Co-construction vers le niveau Co-opération. Elle est réalisée par une stabilisation d'un objectif commun du travail. Cette stabilisation est réalisée par la prise de décision, la diffusion de l'objectif commun et l'assurance de l'engagement des sujets envers cet objectif commun [Bardram 98a].

Dans le cas de la conception coopérant, l'implémentation correspondrait, par exemple, à la nécessité de passer de l'établissement d'une stratégie générale de conception de problème (niveau Co-construction) à la mise en place d'une planification plus précise (niveau Co-opération) correspondant à cette stratégie.

La routinisation

Est la transition du niveau Co-opération vers le niveau Co-ordination. Elle permet le (re)mise en place d'un travail coordonné dont les moyens ont été stabilisés. Si un (re)définition des moyens du travail a eu lieu dans les niveaux supérieurs (par exemple, une nouvelle division du travail, une modification des règles ou normes, de nouveaux outils, etc.), il faut s'assurer que chaque sujet connaisse sa part de travail ainsi que la manière de se coordonner avec les autres travailleurs c'est le cas, par exemple, dans l'introduction d'un nouveau système informatique (ou sa mise à jour) dans une organisation. [Moguel 2010].

Dans la conception coopérant, cela pourrait se présenter sous la forme d'une modification de la répartition des tâches acceptée par le groupe (niveau Co-opération) suivie de l'exécution des tâches et sous-tâches nouvellement assignées (niveau Co-ordination).

b- Les transformations ascendantes

Les transformations ascendantes sont causées par une réflexion sur les moyens ou l'objet du travail. Elles sont provoquées par des pannes ou un décalage volontaire du centre d'attention des travailleurs.

La réflexion sur les moyens du travail

Correspond au passage du niveau Co-ordination au niveau Co-opération. Le flux routinier du travail coordonné (individuel à ce niveau) de chaque acteur dépend de la stabilité des moyens du travail. Les moyens en question sont les artefacts qui médiatisent l'activité c'est-à-dire les outils, les règles et la division du travail. Au cours de cette phase, les éléments médiateurs sont redéfinis coopérativement et de manière à rester en accord avec l'objet de l'activité à cause d'une panne de

niveau Coordination ou en raison d'une re-conceptualisation délibérée de la façon dont le travail encours est réalisé [Bardram 98a].

Par exemple, pendant la conception coopérante d'un système, l'incapacité d'un acteur à réaliser les tâches qui lui ont été assignées est une panne de niveau Co-ordination. Cette panne nécessite une transition vers le niveau Co-opération pour être résolue. Une façon de la résoudre serait de réviser l'organisation du travail qui s'avère défailante.

La réflexion sur l'objet du travail

Représente un passage du niveau Co-opération au niveau Co-construction. Une telle transition a lieu lorsque l'objet du travail (sur lequel reposent les niveaux Co-ordination et Co-opération) se révèle instable en raison d'une panne de niveau Coopération ou en raison de la re-conceptualisation délibérée de l'objet du travail [Bardram 98a].

Par exemple, dans le cas de la conception coopérant, une panne de Coopération peut être provoquée par un conflit non résolu dans la répartition des tâches. Un moyen de résoudre un tel conflit serait de redéfinir la stratégie générale de conception du système (niveau Co-construction). Ce qui impliquerait une nouvelle décomposition en tâches et sous tâches qui pourrait mieux convenir au groupe.

4. LE TRAVAIL COOPERATIF ASSISTE PAR ORDINATEUR

Le champ d'application du travail coopératif assisté par ordinateur (TCAO ou CSCW : Computer Supported Cooperative Work) est très large. En effet, sous la dénomination "travail coopératif", on peut regrouper toutes les activités humaines faisant intervenir plusieurs personnes, simultanément ou non, qui sont susceptibles d'être assistées par l'ordinateur [Tarpin-Bernard 1997b].

L'objectif du TCAO est de permettre à un collectif d'acteurs de travailler ensemble via une infrastructure informatique [Benali & al 2002]. D'une façon plus générale, l'objectif est d'étudier les mécanismes liés au travail en équipe et de proposer les outils informatiques pour les faciliter. Selon Ellis [Ellis 1991], le TCAO observe comment les groupes travaillent et cherche à savoir comment l'informatique peut les aider dans leur travail.

4.1. TERMINOLOGIES

4.1.1. TCAO(CSCW)

La littérature fournit deux grandes définitions de la TCAO :

- La première que l'on peut qualifier de sociale nous est donnée par [David 2004] : « *La TCAO devrait être considérée comme une tentative de comprendre la nature et les caractéristiques du travail coopératif, avec comme objectif la conception d'une technologie informatique adéquate.* »
- La seconde est axée uniquement sur l'aspect informatique : « *La TCAO est un ensemble de systèmes informatiques qui assistent un groupe de personnes engagées dans une tâche commune et qui fournissent une interface à un environnement partagé.* »

Ces deux définitions se retrouvent sur un point : l'importance de concevoir un environnement partagé propice au travail de groupe.

4.1.2. LE COLLECTICIEL (GROUPWARE)

Par définition les collecticiels sont considérés comme des outils permettant à plusieurs groupes d'individus, géographiquement distribués, de travailler ensemble avec l'aide d'un environnement informatique [Korichi 2009]. L'importance de ce type d'outil est ainsi recentrée sur les utilisateurs et leur contexte de travail respectif. Un collecticiel doit permettre à un groupe d'individus de travailler ensemble, sur les mêmes données. Les individus peuvent se trouver dans un même lieu ou être éloignés de plusieurs milliers de kilomètres. Ils peuvent travailler en temps réel, de façon synchrone ou de façon asynchrone. Ils peuvent utiliser un parc matériel varié et avoir des systèmes d'exploitation différents les uns des autres.

4.1.3. GROUPES, ROLES, AGENTS, ACTEURS ET UTILISATEURS

Les notions de groupes, rôles, d'agents, d'acteurs et d'utilisateurs sont largement utilisées dans la littérature du domaine de la TCAO.

Ainsi l'ontologie de [Veer 2000] illustrée à la Figure 6, sur laquelle repose la notation GTA (Groupware Task Analysis) définit les concepts de rôle et d'agent comme les concepts de base pour la modélisation de collecticiels. Comme l'illustre la Figure 6, un rôle est défini par la responsabilité de la réalisation d'un ensemble de tâches.

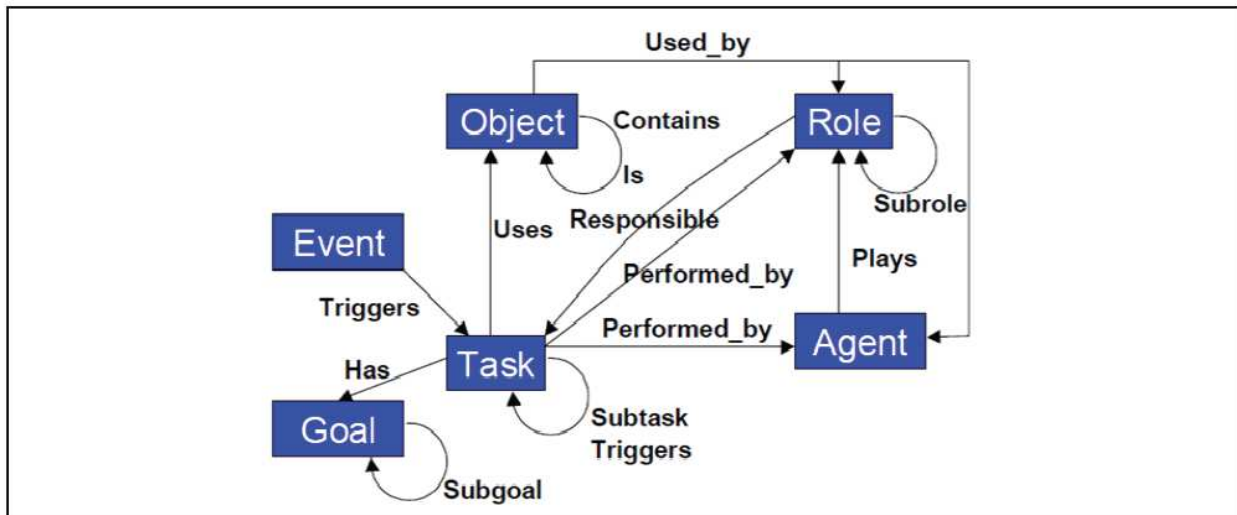


Figure 6 : Ontologie pour la description des tâches (illustration issu de [Veer 2000]).

Pour certains, comme dans l'ontologie de [Veer 2000], un rôle peut être endossé par un agent [Veer 2000], ce dernier pouvant être un utilisateur (acteur) ou le système (agent logiciel). Pour d'autres, les rôles ne peuvent être endossés que par des utilisateurs [Jourde 2011].

Dans de nombreux travaux, la notion de groupe permet d'englober un ensemble d'utilisateurs [Penichet 2006] [Molina 2006], qui peut lui-même être responsable de la réalisation d'un ensemble de tâches.

4.1.4. CONTEXTE PARTAGE ET VUE

Un contexte partagé désigne un ensemble de ressources accessibles par un groupe d'utilisateurs. Ces ressources peuvent être des documents partagés, des informations sur l'état d'exécution d'un processus, etc.

Le terme vue est employé pour définir une visuelle (La perception de quelque chose à travers la vue) d'un ensemble d'informations du contexte partagé

4.2. CLASSIFICATIONS DES COLLECTIELS

Plusieurs classifications existent pour les collectifs. Les plus représentatives d'entre elles sont :

4.2.1. CLASSIFICATION ESPACE-TEMPS

La classification Espace - Temps introduite dans [Ellis 1991] et étendue dans [Grudin 1994] repose sur deux axes (espace et temps) pour caractériser un collectif. Elle est illustrée au sein du Tableau 3.

		Temps		
		Même moment	Moments différents (prévisibles)	Moments différents (imprévisibles)
Espace	Même lieu	assistant de réunion	enchainements	salle de travail en équipe
	Lieux différents (prévisibles)	vidéoconférence	workflow	intranet
	Lieux différents (imprévisibles)	messaging instantané	Edition partagée	mail, forum, réseaux sociaux

Tableau 3 : Classification espace-temps.

Le premier axe de cette classification est le temps. Il s'agit de caractériser la relation temporelle existant entre deux utilisateurs d'un système. Ainsi, deux utilisateurs peuvent utiliser le système au même moment, ce que l'on qualifie également d'usage synchrone, ou à des moments différents, ce que l'on qualifie d'usage asynchrone.

Le deuxième axe de cette classification est l'espace. Cet axe vise à décrire la relation spatiale existant entre deux utilisateurs d'un système. Les utilisateurs peuvent ainsi utiliser le système en étant Co-localisés au sein d'un même lieu ou l'utiliser à distance l'un de l'autre depuis des lieux différents.

Dans [Grudin 1994], l'auteur étend cette classification avec une distinction sur l'imprévisibilité de l'usage synchrone et de la localisation des utilisateurs d'un système. Ainsi, chacun des axes est défini selon trois cas, deux cas prévisibles : même lieu et lieu différent pour l'axe Espace, et un cas imprévisible [Jourde 2011].

La classification Espace-Temps ne vise pas à classer les systèmes de manière absolue, mais plutôt à caractériser leur usage. Cette classification présente quelques insuffisances pour représenter l'ensemble des collecticiels. Par exemple, les collecticiels d'édition coopérative présentant un mode d'interaction "variable" synchrone/asynchrone, peuvent figurer dans la classe des collecticiels synchrones et la classe des collecticiels asynchrones.

Une autre classification très intéressante est fondée sur la nature du collecticiel. Plus précisément, il s'agit de grouper les collecticiels en tenant compte des fonctions qu'ils offrent.

4.2.2. CLASSIFICATION FONCTIONNELLE

Dans [Salber 1995], l'auteur présente le modèle du trèfle des collecticiels illustré à la Figure 7. Celui repose sur l'identification de trois classes de fonctionnalités que remplit un collecticiel :

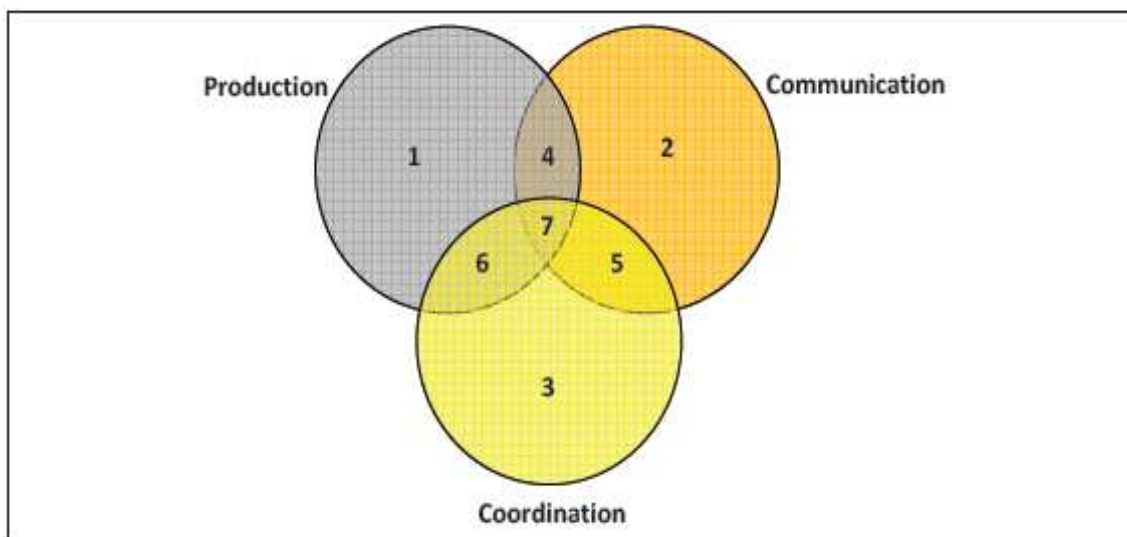


Figure 7 : Le trèfle fonctionnel.

- Production : un collecticiel peut viser à produire des œuvres partagées en permettant des actions communes ou individuelles.
- Coordination : un collecticiel permet d'organiser les tâches des utilisateurs sur la base des rôles qu'ils jouent.
- Communication : un collecticiel permet ou améliore la communication entre les utilisateurs (communication homme-homme médiatisée).

Un collecticiel peut couvrir une ou plusieurs de ces classes de fonctionnalités. C'est pourquoi les cercles représentant ces fonctionnalités au sein de la Figure 7 se recouvrent. Ceci permet d'identifier 7 classes de collecticiels couvrant plus ou moins les trois classes de fonctionnalités.

Certains collecticiels couvrent une unique classe de fonctionnalités, comme dans les cas 1, 2, et 3 de la Figure 5 :

1. Un jeu vidéo sur une console de salon constitue seulement une activité de production.
2. Un système de téléphonie mobile constitue un exemple d'outil de communication.
3. Le système doodle¹⁰ par exemple est un outil de coordination qui permet à plusieurs utilisateurs d'identifier des dates de disponibilités communes pour fixer un rendez-vous.

Les trois fonctions (production, coordination, et communication) peuvent également être conjuguées au sein d'un même collecticiel, ce qui correspond aux cas 4, 5, 6 et 7 de la Figure 5 :

4. Dans le contexte de la conduite automobile, il existe des systèmes de détection de radar de vitesse¹¹ qui reposent sur une communauté d'utilisateurs. Ceux-ci produisent dynamiquement une cartographie des contrôles radars mobiles (Production) qui est diffusée aux autres utilisateurs du système (Communication).
5. Les systèmes de messagerie instantanée¹² constituent un exemple d'outils de communication entre les personnes. De plus, ils assurent la coordination des utilisateurs pour la tenue d'échanges synchrones (conversation), ou d'échanges asynchrones (messages, puis réponses différées) notamment grâce à l'affichage permanent des utilisateurs amis connectés, et de leur état affiche tel qu'en ligne, occupée ou absent.
6. Les outils d'Édition partagée permettent d'une part la production de contenu commun, mais peuvent également assurer la coordination de l'Édition entre les différents utilisateurs.
7. Un système de forum coordonne la production (et la vérification) de connaissances partagées par les utilisateurs, et constitue un moyen de communication de ces connaissances.

¹⁰ <http://www.doodle.com/>

¹¹ Par exemple, le système coyote : <http://www.moncoyote.com/>

¹² Par exemple, le logiciel Skype : www.skype.com

4.3. LES TECHNOLOGIES TCAO

4.3.1. LES TECHNOLOGIES DE COMMUNICATION

Cette catégorie inclut les technologies synchrones et asynchrones qui supportent les communications interpersonnelles pour les personnes distantes. Parmi ces technologies, on trouve l'e-mail, le chat (ou instant messaging), l'audioconférence et la vidéoconférence.

4.3.1.1. L'E-mail

L'E-MAIL est la technologie la plus largement répandue aujourd'hui dans l'industrie et dans notre vie privée. Il permet une communication asynchrone entre les personnes. Le courrier électronique n'impose pas non plus de contenu aux messages ni de règles de diffusion, ce qui laisse une place aux pratiques sociales pour réguler leur diffusion et leur format.

4.3.1.2. Le Chat (Instant Messaging)

Le chat est une technologie de communication permettant d'échanger des messages, en temps réel. Elle est souvent utilisée comme un moyen de coordination rapide entre une ou plusieurs personnes en vue de lancer une application plus spécifique à la communication comme l'audioconférence ou la vidéoconférence.

4.3.1.3. L'audioconférence

L'audioconférence est un service fréquemment utilisé pour organiser des réunions avec des personnes distantes. Il permet de mettre en relation différentes personnes, disposant d'un moyen de communication audio (téléphone fixe, portable, connexion IP), au même moment en composant un numéro d'appel unique.

4.3.1.4. La vidéoconférence

C'est comme l'audioconférence mais avec un moyen de communication vidéo.

4.3.2. LES TECHNOLOGIES DE PARTAGE D'ESPACE D'INFORMATION

4.3.2.1. La gestion électronique de document

Les systèmes de gestion électronique de document (GED) sont une classe de produit qui supporte la création et l'archivage électronique de document partagée entre plusieurs utilisateurs.

Un serveur de document permet l'administration des accès en lecture écriture, la gestion des concurrences de contrôle afin d'éviter les conflits entre utilisateurs et le contrôle des versions.

4.3.2.2. Application de partage de document en conférence en temps réel

Ces applications supportent le partage de document et l'échange de communication synchrones à travers des échanges via le partage d'applications spécialisées comme le tableau blanc ou le partage d'applications plus générales (applications de présentation bureautique).

Un tableau blanc partagé est un éditeur multi-utilisateur grâce auquel des utilisateurs peuvent travailler (dessiner, annoter, ...) simultanément.

4.3.2.3. Forum de discussion

Un forum est un espace de discussion publique (ou au moins ouvert à plusieurs participants) dans lequel divers utilisateurs échangent des idées, des astuces, des questions et des solutions au travers d'échanges, en général textuels, archivés sur un espace partagé.

Les applications informatiques de forum supportent une communication asynchrone, différente de celle des chats (communication synchrone), archivée et présentée en général sous forme de fils de discussions arborescentes.

4.3.3. TECHNOLOGIES DE COORDINATION

4.3.3.1. Workflow

Le workflow est une application qui relève de l'automatisation d'un processus de travail coopératif entre plusieurs activités reliées par réseau [Levan 1999].

L'exemple souvent cité est celui de la gestion de la demande de congés payés : l'employé remplit un formulaire, le transmet à son responsable qui le valide pour l'envoyer aux services administratifs de l'entreprise. Le dispositif intègre souvent l'interconnexion avec des bases de données de production et la messagerie électronique afin d'envoyer des messages d'information à différentes étapes du processus.

4.3.3.2. Calendriers et planificateurs de réunions

La seconde plus importante catégorie de technologies de coordination, après les systèmes de workflow, est celle des calendriers et des planificateurs de réunions électroniques.

La différence entre ces deux technologies vient du fait que la gestion du calendrier peut se résumer au placement et à la manipulation de données dans un calendrier tandis que la planification de

réunions implique une négociation entre participants afin de proposer une réunion. Les applications informatiques telles que Microsoft Exchange combinent ces deux outils.

5. CONCLUSION

La mise en place des supports au travail collectif (outils TCAO) passe par une étude théorique afin de comprendre et de rationaliser les activités collectives.

Nous avons présenté dans ce chapitre un des plus fameuses approches référencés concernant le travail de groupe qui est la théorie de l'activité. Nous avons présenté aussi l'approche de Bardram qui est basé sur cette théorie et qui a traité l'aspect dynamique d'un travail collectif. Ces approches théoriques montrent que l'appréhension du contexte (au moyen de concepts), et par conséquent sa représentation, est déterminante dans le choix des actions à mener dans un projet. Cette vision du contexte, est nécessaire pour symboliser ce dernier dans son ensemble à travers des modèles indispensables au développement des systèmes coopératifs.

Nous avons présenté aussi les différents outils TCAO ainsi que les terminologies les plus utilisés au domaine.

Dans ce qui suit nous allons procéder à la conception coopérante des systèmes de production.

Chapitre

2

La conception coopérante d'un système de production

1. INTRODUCTION

La conception des systèmes de production vise à proposer une architecture globale de ces systèmes, plusieurs méthodes sont proposées : les méthodes classiques telles que les méthodes analytiques, trop restrictives, peuvent apporter une aide lors d'une évaluation des performances du système envisagé. Par contre, les outils de simulation peuvent apporter aux différents intervenants d'un projet et selon les critères et les besoins de chacun, plus d'informations sur le comportement du système étudié. C'est la simulation qui représente la technique la plus efficace pour l'analyse et la conception des systèmes complexes [Korichi 2009].

Un projet de simulation quelle que soit son envergure, ne peut et ne pourra jamais être considéré comme l'œuvre d'une personne isolée. La réalisation de ce projet fait intervenir de nombreuses personnes avec des compétences et des rôles différents [Belattar & al. 1997].

Dans ce chapitre nous allons présenter en premier lieu les systèmes de production et par la suite étudier l'apport de la simulation dans la conception de ces systèmes puis nous présentons l'aspect collectif d'un projet de simulation.

2. LES SYSTEMES DE PRODUCTION

2.1. DEFINITIONS

Le produit est toujours le résultat de l'action d'un système de production qui lui apporte la valeur ajoutée. Celui-ci est une organisation sociotechnique, c'est-à-dire un assemblage finalisé de ressources humaines et de ressources technologiques, en proportions variables selon le type de système considéré [Hasan 2002].

Tout système de production est une organisation dont la fonction est d'offrir des biens ou des services [Livet 2002]. Il se voit assigné des objectifs, physiques, monétaires ou sociaux, et ses résultats sont mesurés à l'aide d'indicateurs de performance à partir desquels sont menés des actions comme la re-conception, l'amélioration, l'optimisation, etc. Les concepteurs, les exploitants du système de production attendent donc que les processus (physiques et informationnels), les ressources (équipements, matières, hommes, ...etc.), les acteurs qui composent le système de production, concourent aux multiples objectifs assignés. La production est donc considérée comme la nouvelle arme de la compétitivité, et les entreprises industrielles se retrouvent de ce fait dans un environnement totalement modifié.

Les systèmes de production peuvent être des systèmes très complexes et difficiles à gérer au vu de toutes leurs composantes fonctionnelles (fabrication, achat, distribution, maintenance...). Ils sont donc beaucoup étudiés, et ce depuis longtemps. Plusieurs approches ont été envisagées dans le but de mieux comprendre leur fonctionnement et de mieux les appréhender.

L'application de la théorie des systèmes aux systèmes de production suggère une décomposition de ces derniers en trois sous-systèmes (Figure 8) : [Agnès 2001]

- Le système de décision : contrôle le système physique de production. Il en coordonne et organise les activités en prenant des décisions basées sur les données transmises par le système d'information.
- Le système d'information : son rôle est de collecter, stocker, traiter et transmettre des informations. Il intervient à l'interface entre les systèmes de décision et de production.
- Le système physique de production : Il représente le système concret de production. Il transforme les matières premières et les produits semi-finis. Ses activités sont déclenchées et vérifiées par le système de gestion de production.

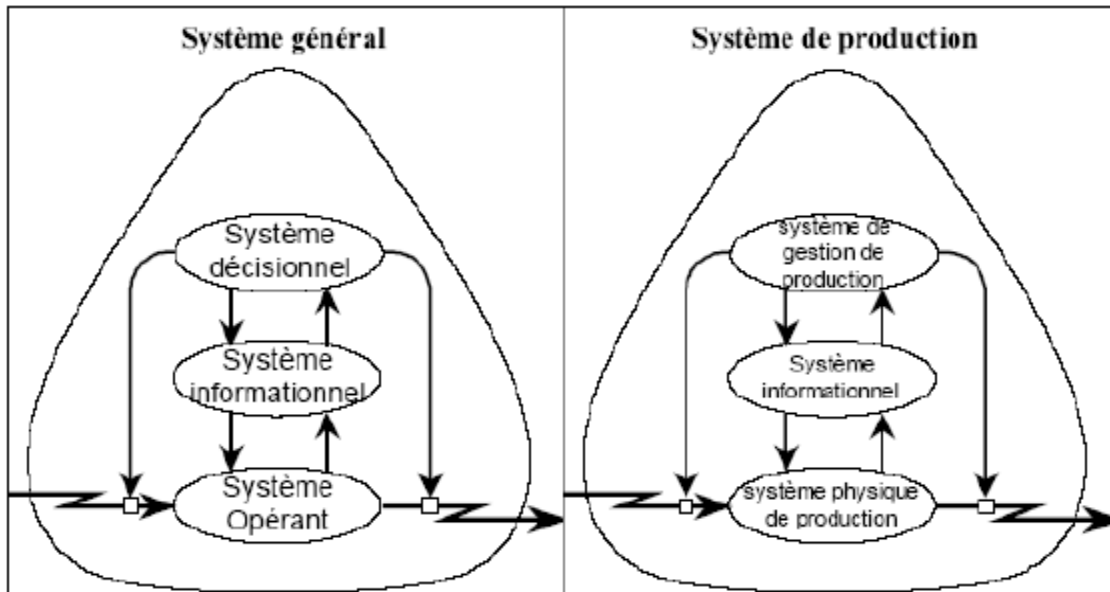


Figure 8 : Décomposition d'un système de production [Livet 2002].

Le contexte économique dans lequel les entreprises évoluent aujourd'hui ne permet plus de produire efficacement à partir des systèmes de production basés sur les principes du Taylorisme, qui ont fait largement leurs preuves. Il nécessite des systèmes de production basés sur d'autres principes, ayant des nouvelles caractéristiques, telles que :

La flexibilité : La flexibilité d'un système de production se caractérise par sa capacité d'adaptation à la production des nouveaux produits pour lesquels le système n'a pas été étudié. Cela suppose une adaptation totale du système de production au produit courant (de la distribution des flux discrets de composants aux opérations qu'effectuent les moyens de production sur le produit) [Draghici & al 1998].

La Réactivité : Elle est définie comme l'aptitude à répondre (réagir) dans un temps requis aux changements de son environnement interne ou externe (aléa, situation nouvelle, perturbation, sollicitation, ...) par rapport au régime (fonctionnement) permanent (stable).

La Proactivité : La proactivité d'un système de production se caractérise par ses capacités d'anticipation (prévoir et/ou provoquer) les changements d'état, d'apprentissage et d'enrichissement des connaissances (pour améliorer sa réactivité), d'adaptation ses règles de fonctionnement et par sa capacité de réorganisation reposant sur une architecture décentralisée et une délégation de responsabilité.

La Robustesse : Elle se définit par son aptitude à produire conformément aux résultats attendus. Cela suppose la garantie de l'obtention des performances souhaitées en présence d'incertitudes dans le système.

2.2. COMPLEXITE DU SYSTEME DE PRODUCTION

Les entreprises d'aujourd'hui se trouvent de plus en plus confrontées à une concurrence mondiale très rude les incitant à rechercher une meilleure productivité, de leurs systèmes industriels. Les évolutions actuelles imposent aux ces entreprises de pouvoir faire face simultanément à la concurrence et aux besoins du marché. Il s'agit de produire avec une meilleure qualité, au moindre coût et dans les délais les plus brefs.

Puisque les attentes des consommateurs continuent à croître selon la qualité, la personnalisation des produits, le prix et les délais de livraison, les compagnies donnent plus d'attention à la manière dont les produits et les services sont fournis et non seulement quels produits et services sont fournis [GPA662 2007].

Dans ce contexte, le défi des industriels est apporté par les facteurs suivants :

- Les systèmes ont des cycles de vie courte due aux besoins en changements constants et la prolifération des nouvelles technologies.
- Les Systèmes devenus de plus en plus complexes résultant de la disposition de technologies plus sophistiquées et d'une plus grande intégration des processus.
- Les Systèmes nécessitant une plus haute performance à cause de l'augmentation de la compétition et des exigences des clients.

Avec ces défis qui ont un impact important sur la conception et l'opération des systèmes de production, les ingénieurs et les gestionnaires sont à la recherche d'outils plus performants d'aide à la conception et à la planification opérationnelle des systèmes.

Les méthodes traditionnelles sont incapables de résoudre les problèmes complexes d'intégration d'aujourd'hui. Ces outils ont un champ d'application limité et sont incapables de fournir une mesure fiable de la performance espérée du système [GPA662 2007].

Les modèles analytiques ne représentent pas fidèlement la réalité. Elles se distinguent par les points suivants : elles nécessitent en général des hypothèses simplificatrices sur le modèle, elles prennent en compte seulement les phénomènes les plus importants (par exemple : pas de prise en compte de perturbations), elles ne fournissent que des performances moyennes sur une longue

période de temps, les résultats sont exacts pour des modèles simples et de petites tailles uniquement, alors que sont approximatifs pour des modèles complexes, elles ne tiennent pas compte des événements de synchronisation (attente, blocage, etc), la durée de traitement est courte...

De plus, les modèles analytiques sont difficiles à valider auprès des utilisateurs puisque ce sont des modèles synthétiques qui génèrent parfois des résultats non conformes à la réalité.

3. LA SIMULATION : TECHNIQUE DE CONCEPTION DES SYSTEMES DE PRODUCTION

Un outil qui a rapidement gagné une bonne réputation dans la conception et l'analyse des systèmes est la simulation par ordinateur. La simulation est aujourd'hui largement reconnue comme une technique puissante pour l'analyse et la conception des systèmes de production.

L'idée derrière la simulation consiste à effectuer le plus de changement possible durant le début des stages de conception et de design d'un système où le coût de changement demeure au minimum.

La simulation assure aussi que les détails opérationnels du système sont considérés au début des stages de design de telle sorte que les questions qui se posent plus tard ont déjà été résolues. Il est à noter que ces détails ne sont pas souvent pris en compte lors de la conception des systèmes complexes [GPA662 2007].

L'utilisation de cette technique pour l'analyse ou le design d'un système de production ou de l'un de ses sous-systèmes comprendra la conception d'un modèle et l'étude du fonctionnement de ce modèle sous différentes conditions, afin de déterminer les conditions de fonctionnement favorisant l'atteinte des objectifs du système.

L'utilisation de la simulation pour la conception et l'analyse des systèmes de production est toujours privilégiée, certains avantages peuvent être avancés :

- La simulation réduit les risques de conception de systèmes qui ne fournissent pas une flexibilité suffisante,
- Un modèle de simulation peut représenter des caractéristiques importantes d'un système et de manière réaliste ; il peut notamment incorporer des interactions complexes pouvant exister entre différentes variables du système,
- différentes alternatives de conception peuvent être facilement évaluées dans un environnement bien contrôlé,

- Un modèle de simulation est capable d'utiliser les mêmes indicateurs de performance qu'un système réel utilise.
- Lors de la conception d'un nouveau système, des expériences peuvent être effectuées sur le modèle de simulation qui seraient autrement impossibles de réaliser sur le système réel puisqu'il n'a pas déjà été mis en œuvre. La simulation permet de réduire significativement le temps de déboguer (éliminer les erreurs) et de bien régler le système une fois installé [Habchi 2001].
- Pour apporter des améliorations à système existant, la simulation permet d'effectuer l'expérimentation sur le modèle sans perturber le bon fonctionnement du système réel.
- Manipuler des objets et des ressources imaginaires offre une plus grande flexibilité d'apporter des changements et il est beaucoup moins coûteux que d'expérimenter le système actuel.

3.1. LE FONDEMENT DE LA SIMULATION : MODELISATION ET NOTION DE MODELE

3.1.1. MODELES ET MODELISATION

Une définition d'un modèle énoncée par l'AFCEP, est la suivante :

"Un modèle est un schéma, i.e. une description mentale (intériorisée), ou figurée (diagrammes, formules mathématiques, etc ... qui, pour un champ de questions est pris comme représentation abstraite d'une classe de phénomènes, plus ou moins habilement dégagés de leur contexte par un observateur pour servir de support à l'investigation, et/ou la communication" [Belattar 2000].

Un modèle est donc une représentation d'un système (réel ou imaginé) dont le but est d'expliquer et de prédire certains aspects du comportement de ce système. Le processus de construction d'un modèle de simulation peut être schématisé comme suit :

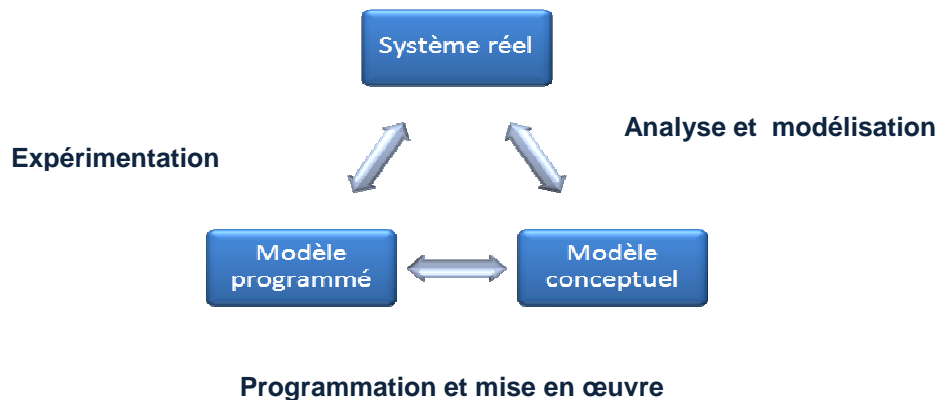


Figure 9 : Processus simplifié de Modélisation

Le modèle conceptuel est une représentation (mathématiques logique, verbale, etc....) du système réel (ou retenu pour une étude particulière). Il est obtenu dans une phase d'analyse et de modélisation. Le modèle programmé est la mise en œuvre du modèle conceptuel sur un ordinateur. Il est obtenu dans une phase de programmation et de mise en œuvre. Les enseignements sur le système réel sont obtenus à la suite d'expérimentations sur le modèle programmé dans une phase d'expérimentation.

3.1.2. LA SIMULATION

Beaucoup de définitions ont été attribuées au terme "Simulation" dans la littérature technique. En voici quelques-unes : [Belattar 2000]

- Expérience conduite sur un ordinateur à l'aide d'un modèle
- Méthode numérique pour résoudre un problème en imitant la réalité
- Représentation dynamique de la réalité obtenue en construisant un modèle et en le manipulant pendant un temps donné

Parmi toutes ces définitions nous retenons celle donnée par A.A.B. Pritsker auteur du langage SLAM II, et qui s'énonce comme suit : - «La simulation est l'étude du comportement dynamique d'un système, grâce à un modèle que l'on fait évoluer dans le temps en fonction de règles bien définies, à des fins de prédiction».

3.2. LOGIQUE DE CHANGEMENT D'ETAT ET SIMULATION

La logique de changement d'état est l'un des facteurs qui conditionnent l'efficacité d'un outil de simulation en termes de rapidité d'exécution. La simulation pilote le comportement du modèle en examinant et en mettant à jour le modèle (à travers ses variables et ses attributs) quand il est connu qu'un changement dans l'état du système doit arriver. De ce fait, la simulation comporte : des changements instantanés à des points différents du temps et de l'espace, une série d'événements, une série d'activités et des processus. Du fait que le comportement du modèle peut être piloté par les événements et les activités ou orienté processus [Habchi 2001].

3.2.1. LA LOGIQUE ORIENTEE EVENEMENTS (EVENT SCHEDULING)

La logique orientée événements discrets consiste à répertorier les différents types d'événements (généralement inconditionnels) et à décrire la procédure de changement d'état correspondante au déclenchement de chaque type d'événement. La simulation évolue dans le temps en se déplaçant d'un événement à un autre en exécutant la logique concernée. Cette logique convient bien aux systèmes dont les composants sont relativement indépendants, c'est à dire qu'il existe peu de conditions à tester pour déterminer si un événement doit avoir lieu.

3.2.2. LA LOGIQUE ORIENTEE ACTIVITES (ACTIVITY SCANNING)

Cette logique consiste à recenser les différents types d'activités et à décrire les procédures de changement d'état correspondant aux conditions de début et de fin de chaque type d'activité. Pendant la simulation, les procédures décrivant les conditions de début et de fin sont vérifiées par intervalle de temps fixe ou variable. Les activités ayant les conditions vérifiées, sont ainsi enclenchées ou arrêtées. Si cette technique est plus simple que la précédente, elle s'avère moins efficace, car à un instant donné, une procédure peut être testée sans que les conditions de début ou de fin de l'activité ne soient vérifiées. Cette technique est adaptée aux systèmes dans lesquels les composants sont fortement dépendants.

3.2.3. LA LOGIQUE ORIENTEE PROCESSUS (PROCESS INTERACTION)

C'est une logique largement utilisée dans les langages de simulation. Elle cadre naturellement les systèmes de production qui comprennent plusieurs parties devant interagir qui peuvent être décomposés en objets passifs et actifs (entités et ressources) ou qui ont souvent des processus identiques. Elle consiste à décrire le fonctionnement d'un système comme une interaction de plusieurs processus, à travers des primitives, des blocs ou des fonctions, conçus au préalable.

3.2.4. L'APPROCHE ORIENTEE OBJETS

L'approche orientée objets est de plus en plus répandue dans le développement des systèmes. Le système est décrit par un ensemble d'objets qui communiquent par envoi de messages. La modélisation orientée objets se fait en deux étapes : la première concerne la définition de la structure du système par la spécification des objets (attributs) et la seconde concerne la définition du comportement dynamique du système en précisant les relations entre objets ainsi que leur fonctionnement propre (méthodes).

3.3. LES OUTILS DE SIMULATION

Quelle que soit la signification donnée au mot simulation, quelle que soit la conception qu'on a de la simulation, quel que soit l'usage qu'on en fait, il est toujours nécessaire de construire un modèle de la réalité qu'on pourra ainsi simuler. Il va donc se poser le problème de la programmation du modèle pour un ordinateur donné.

3.3.1. DEFINITION

On entend par outils de simulation les constituants d'un système, appelé généralement système de simulation, qui fournit les moyens de mettre en œuvre, d'animer et d'observer les modèles, de la même façon que le système d'exploitation d'un ordinateur fournit les moyens de mettre en œuvre et d'exécuter les programmes [Belattar 2000].

Les caractéristiques de bases que doit vérifier un bon outil de simulation et qui déterminent sa qualité, sont en générale : la modularité, l'extensibilité, l'ergonomie, la Cohérence de modélisation et autre exigences tels que la disposition d'un éditeur graphique....etc.

Le principal constituant d'un système de simulation est le langage de simulation, qui permet de décrire le modèle et les stimuli à lui appliquer au cours du déroulement de la simulation. Plus de centaines logicielles de simulation sont disponibles sur le marché. Nous pouvons classer à deux catégories : l'une basée sur la spécialisation du logiciel et l'autre basée sur l'approche de modélisation.

3.3.2. CLASSIFICATION DES LANGAGES EN FONCTION DE LA SPECIALISATION

Nous pouvons classer les langages de cette catégorie en quatre familles : les langages universels ou évolués, les langages généraux de simulation, les langages spécialisés de simulation et les langages dédiés.

a. Les langages universels ou évolués

Sont des langages de programmation répandus tels que VB, FORTRAN, PASCAL, C, ADA, C++, JAVA... Ils ont l'avantage de permettre une simulation précise et fiable de tout type de système, quel que soit son niveau de complexité. Cependant, ils nécessitent des compétences poussées et affirmées en simulation, en informatique et en génie industriel. Ils présentent l'inconvénient du temps de développement et par conséquent du coût de réalisation. Les modèles sont dédiés et généralement inexploitable dans des extensions futures.

b. Les langages généraux de simulation

Sont des langages enrichis par des primitives dédiées à la simulation en général, comme les générateurs de nombres aléatoires, les processeurs de base pour la programmation de certaines entités. Ils ont ainsi l'avantage de présenter une couche de base permettant de développer d'autres primitives pour la réalisation de modèles de simulation dédiés. Nous pouvons citer, entre autres, SIM++ et MODSIM II [Habchi 2001].

Les langages spécialisés de simulation

Présentent un compromis entre la rapidité de développement du modèle et la rigidité liée aux concepts utilisés. La modélisation se fait à l'aide d'éléments symboliques. Les modèles résultants sont de type réseau (*SLAM*), des blocs représentatifs de processus (*ARENA*, *GPSS*, *WITNESS*, *SIMNET II*), ou des diagrammes de cycle d'activités (*HOCUS*). L'utilisation de ces langages est conseillée quand une évolution du modèle est nécessaire.

c. Les langages dédiés

Sont adaptés aux systèmes ayant des caractéristiques identiques, et sont dédiés à un type de système au fonctionnement bien défini ou à une classe de problèmes. Ces outils très conviviaux sont limités à un usage répétitif dans un domaine restreint. L'avantage principal de ce type d'outil est la facilité d'utilisation, alors que l'inconvénient majeur est la rigidité des modèles. Parmi les langages dédiés, citons à titre d'exemple MAP/1 et SIMFACTORY.

Le tableau 4 propose une comparaison des langages de simulation classés selon la spécialisation, en fonction de différents critères :

	<i>Famille des langages</i>			
	<i>Universels</i>	<i>Généraux</i>	<i>Spécialisés</i>	<i>Dédiés</i>
<i>Rapidité de modélisation</i>	Très faible	Faible	Bonne	Très bonne
<i>Convivialité</i>	Très faible	Faible	Bonne	Très bonne
<i>Flexibilité</i>	Très bonne	bonne	Faible	Très faible
<i>Fidélité du modèle</i>	Très bonne	Bonne	Fiable	Dépend du système étudié
<i>Niveau de compétence</i>	Analyste classique	Analyste orienté simulation	Spécialiste simulation	Utilisateur occasionnel

Tableau 4: Tableau comparatif des langages de simulation selon la spécialisation [Habchi 2001].

3.3.3. CLASSIFICATION DES LANGAGES EN FONCTION DE L'APPROCHE DE MODELISATION

Selon l'approche de modélisation et la logique de changement d'état, nous distinguons trois types de langages :

1. Les langages orientés processus

Tels que SLAM II et SIMAN ont respectivement les deux environnements graphiques : AweSim et ARENA. Ces langages ont réduit avec succès les frontières de programmation et ont probablement fait que la modélisation en simulation soit accessible à plusieurs utilisateurs non informaticiens. Généralement, les langages orientés processus appartiennent à la catégorie des langages spécialisés présentés précédemment.

2. Les langages pilotés par les données

Représentent une abstraction de haut niveau du système. SIMFACTORY et PROMODEL sont des exemples de langages où le modèle de fond est difficilement modifiable. Ces langages comprennent des objets prédéfinis capables de réaliser une série d'opérations. La modélisation consiste à sélectionner, interconnecter et renseigner ces objets (station, convoyeur...) qui représentent au mieux le système réel. La plupart des langages pilotés par les données, utilisent un calendrier d'événements qui stocke l'état du système à travers les valeurs associées aux attributs.

A. Les langages orientés objets

Les objets physiques et logiques du système réel (produits, ressources, gammes...) sont représentés par des objets informatiques. L'approche objet cherche à combler l'écart qui existe entre un modèle de simulation classique et le système à étudier. Parmi les langages orientés objets, citons SIMULA, CLOS et MODSIM.

4. LA CONCEPTION COOPERANTE D'UN SYSTEME DE PRODUCTION : SIMULATION COOPERANTE

La conception des systèmes de productions complexes fait intervenir de nombreuses personnes avec des compétences et des rôles différents. En effet, dans le domaine de simulation un projet de simulation nécessite souvent la contribution de plusieurs chercheurs issus de différents champs disciplinaires. La réalisation de ce projet nécessite des connaissances larges qui appartiennent à plusieurs domaines [Nguyen 2008]. Si bien que personne ne peut s'acquitter seul de cette tâche.

Dans la simulation, le travail à mener constitue un projet placé sous la responsabilité d'un chef de projet. Dans ce cadre, le chef de projet a le rôle d'animateur. A ce titre, il se porte garant de la cohérence et du bon avancement du projet. Après avoir décomposé l'ensemble à réaliser en un certain nombre de sous-ensembles, il identifie les droits et devoirs qui incombent aux différents participants auxquels il confie l'étude détaillée et la réalisation de chaque phase. Il donne ensuite les contraintes, et suit les travaux tout en arbitrant les éventuels conflits entre participants. Pour finir, il valide les travaux des participants en s'assurant qu'ils sont aptes à réaliser exactement les tâches définies par leurs spécifications. Si tel est le cas, il place les travaux dans un environnement de référence protégé. De ce fait, il assure l'unicité des versions du travail du groupe. Chaque participant peut néanmoins archiver, dans un environnement privé, une version de ses travaux différente de celle retenue par l'animateur [Korichi 2009].

Pour les autres participants de projet chacun d'entre eux possède un certain degré de liberté dans la conception et la réalisation du travail qui lui est confié, mais il doit connaître le contexte de son intervention, c'est-à-dire les liaisons d'interdépendance avec les autres sous-ensembles et avoir une vue générale du système pour situer les tâches des autres concepteurs. L'attribution des rôles reflète l'organisation du groupe dans un contexte de travail particulier.

Hormis le chef de projet qui peut être assimilé à un donneur d'ordres, on peut citer un certain nombre de rôles génériques tels que : exécutant, évaluateur, validateur, consolidateur et conseiller (expert). Dans certaines phases particulières telles que les réunions, on voit aussi émerger des rôles nouveaux comme modérateur, organisateur, etc.

L'interaction, l'échange des idées entre des participants est la clé principale pour le succès d'un projet simulation. Trois conditions sont essentielles à la bonne réalisation d'un projet de simulation : [Nguyen 2008]

- Une communication régulière entre les différents participants.
- Des réunions régulières entre les différents participants.
- Une cohésion d'équipe

Donc, le succès d'un projet de simulation dépend la fréquence des rencontres entre les membres.

Jusqu'à une époque récente, les outils informatiques ne prenaient pas en compte cette dimension de groupe et laissaient au chef de projet le soin de gérer le processus de conception et sa dimension multi-participant hors système informatique [Tarpin-Bernard 1997b].

Les recherches en travail coopératif assisté par ordinateur ont pour but de proposer des collecticiels permettant aux hommes de réaliser une tâche "en commun".

L'objectif de ces collecticiels est de proposer un support d'abolition des dimensions espace et temps, En effet on peut vouloir réunir des personnes distantes géographiquement (bureau à côté, dans une autre ville, pays ou continent) ou ne travaillant pas en même temps (rythmes différents, emplois du temps incompatibles, décalages horaires, etc.). La relation entre les différents participants peut être envisagée sous différents angles. Les collecticiels doivent aussi prendre en compte les aspects organisationnels du travail. Ainsi, les intervenants constituent des groupes de travail qui doivent s'organiser et se situer dans le temps et dans l'espace. Ils sont amenés à définir des rôles, des sous-groupes et des phases de travail.

4.1. LES MODES DE COOPERATION

La conduite d'un projet de simulation peut se faire selon les différents modes de coopération suivants : [Korichi 2009]

1. La coopération asynchrone :

Les différents participants interagissent dans le projet en échangeant les données et en travaillant quand ils le peuvent (à des instants généralement différents : sans co-temporalité).

2. La coopération en session :

Les différents participants travaillent en même temps, mais de façon autonome. Ils sont accessibles pour communiquer (en co-temporalité), mais sans partager de façon visuelle les objets de leurs discussions.

3. La coopération en réunion :

Des participants clairement identifiés travaillent et communiquent en co-temporalité tout en partageant les objets de leurs travaux et discussions. Ils se voient attribuer des rôles en relation avec le but de la réunion. L'organisation de leurs interventions est régie par un mécanisme de type "tour de parole".

4. La coopération étroite :

Les participants peuvent travailler, communiquer et interagir en temps réel sur tous les objets partagés du projet. Les conséquences de leurs interventions sont directement gérées au niveau des objets manipulés.

4.2. LES ACTEURS D'UN PROJET DE SIMULATION

Le collectif d'acteurs d'un projet de simulation se varie d'un projet à un autre, Cette variation est liée à plusieurs facteurs tel que : la taille du projet, le coût de développement et la complexité fonctionnelle et technique du projet. Néanmoins on repère pour tout projet trois familles d'acteurs déterminées par trois grandes fonctions comme le montre la figure suivante :

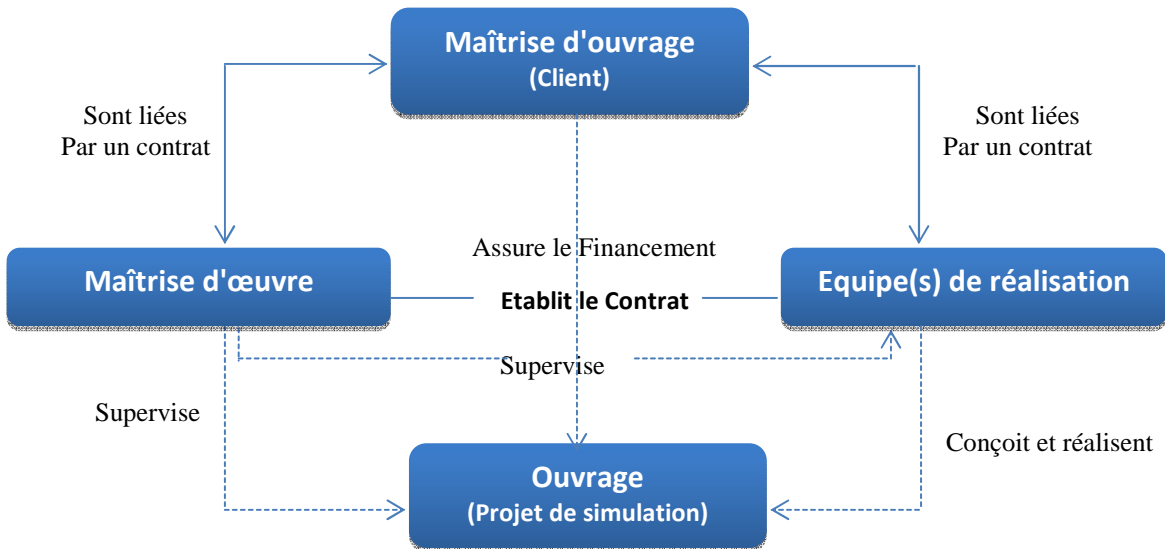


Figure 10 : Les familles acteurs d'un projet de simulation [Korichi 2009].

✚ La maîtrise d'ouvrage

La maîtrise d'ouvrage est le futur bénéficiaire du projet. Il est représenté généralement par un ou plusieurs personnes de métier. Il se charge d'élaborer en amont un cahier des charges qu' est généralement élaboré en lien avec un expert en simulation qui apporte ses connaissances et son expérience des projets de simulation, en vue de juger de la faisabilité des demandes à la fois en termes technique et financier.

✚ La maîtrise d'œuvre

C'est la personne qui réalise le projet et qui assure la responsabilité globale de la qualité d'étude, du délai et des coûts.

✚ L'équipe de réalisation

Les principaux participants dans l'équipe chargée de la réalisation du projet sont : les informaticiens (Ingénieur spécialisé en simulation, Analyste, Programmeur, Agents de saisie... etc.), le personnel de métiers (Ingénieur de méthodes, Techniciens, Agents de métier), les mathématiciens (Statistiques et Probabilités) et les experts consultants (experts en simulation, experts en métiers) comme le montre la figure 11 ci-dessous.

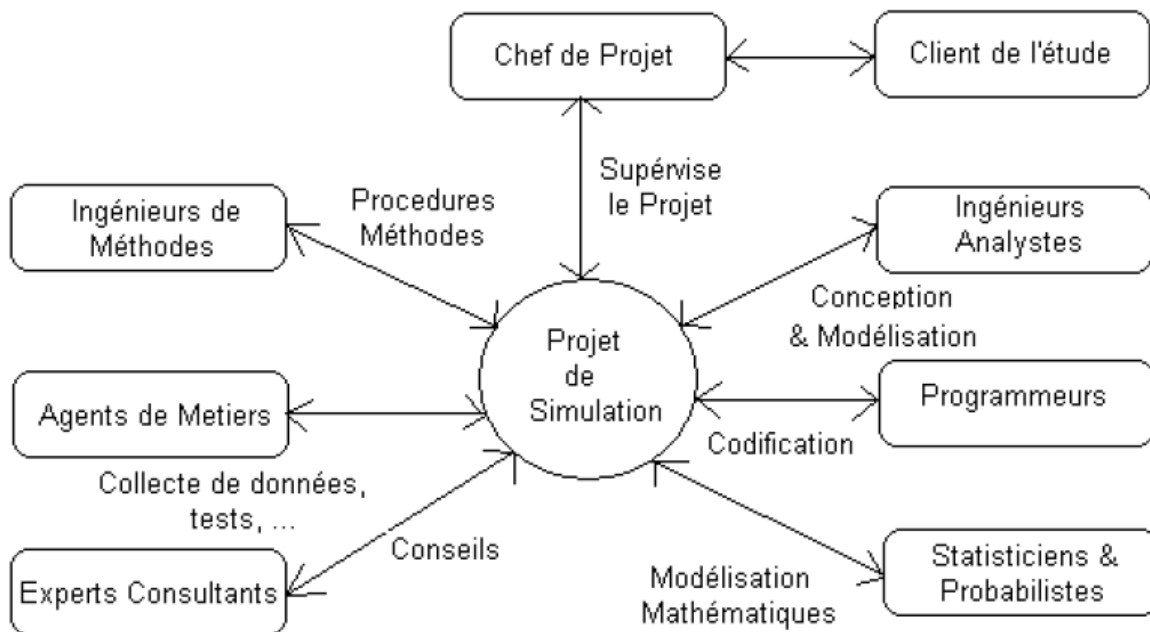


Figure 11 : Liste de participants d'un projet de simulation [Korichi 2009].

4.3. LES ETAPES D'UN PROJET DE SIMULATION

Les étapes qui constituent tout projet de simulation peuvent être schématisées par l'organigramme suivant :

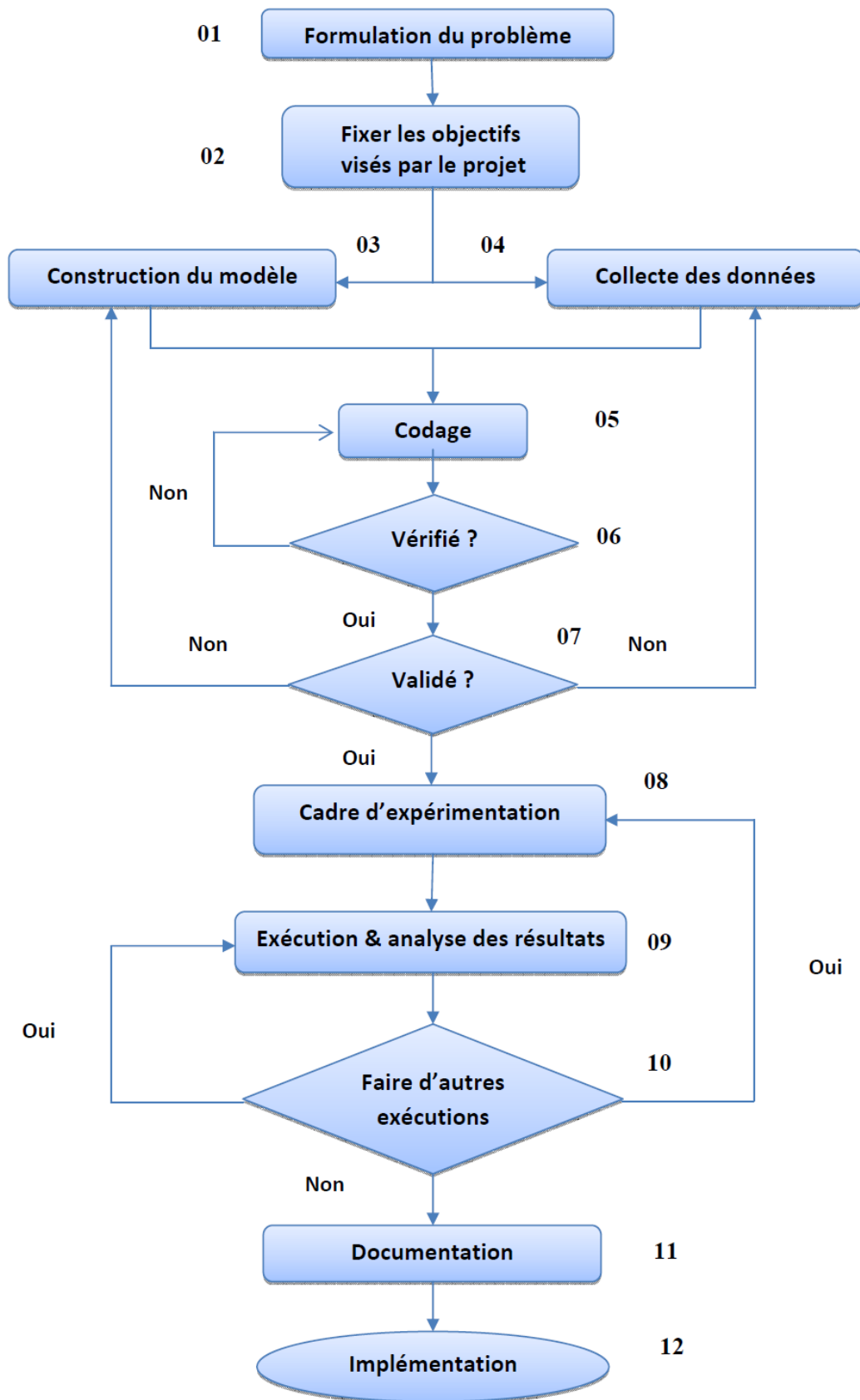


Figure 12 :Les étapes d'un projet de simulation [Belattar 2000].

1. Formulation du problème

C'est la première étape de tout projet de simulation. Le problème peut être énoncé par l'analyste ou par le client de l'étude. Il faut qu'ils se mettent d'accord sur la formulation qui a été faite. Des réunions de lancement du projet sont souvent menées. Elles font, le plus souvent, intervenir le gestionnaire du projet, les concepteurs, et les experts du domaine pour déterminer les contours du problème à étudier. Dans ce contexte, une coopération en réunion ou une coopération étroite s'avère la plus efficace.

2. Fixation des objectifs

Il faudra définir les objectifs visés par le projet de simulation. Ceci comprend : Les questions auxquelles devra apporter une réponse l'étude par simulation qu'on veut mener ; Le personnel qui sera requis ; Les divers scénarios qu'on veut investiguer, les sorties attendues ; Les coûts de l'étude ainsi que les temps requis ; etc...

3. Construction du modèle

Il s'agit de construire un modèle conceptuel qui est une abstraction du système réel. Ce modèle peut être vu comme un ensemble de relations mathématiques et logiques concernant les composants et la structure du système. On commence toujours par un modèle de base simple et l'affiner au fur et à mesure de façon à obtenir le modèle répondant aux objectifs visés. Les concepteurs doivent communiquer régulièrement avec l'utilisateur, l'expert et les connaisseurs. Lors de cette étape, les quatre modes de coopération s'appliquent à savoir : i) la coopération asynchrone ; ii) la coopération en session ; iii) la coopération en réunion ; et la coopération étroite.

4. Collecte des données

Une fois le problème formulé et les objectifs visés identifiés, il faudra établir un inventaire des besoins en données sur le système réel et le soumettre au client.

5. Codage

Il s'agit de traduire le modèle conceptuel obtenu à l'étape trois dans une forme acceptable par l'ordinateur. Pour cela, il va falloir utiliser un langage de simulation parmi ceux disponibles. Cette étape nécessite des échanges moins soutenus entre les participants. Des modes de coopération asynchrone sont le plus souvent suffisantes.

6. Vérification

La vérification concerne le modèle opérationnel (programme). Il s'agit de s'assurer que le modèle s'exécute sans erreurs. Il est vivement recommandé d'attendre jusqu'à ce que le modèle entier soit terminé pour commencer la vérification et que celle-ci se fasse de façon continue.

7. Validation

La validation consiste à s'assurer que le modèle conceptuel est une représentation fidèle du système réel. Il s'agit en fait de savoir si le modèle peut être substitué au système réel pour le but de l'expérimentation. La façon idéale de valider le modèle conceptuel, dans le cas où le système existe est de comparer ses sorties avec celles du système.

8. Conception d'un cadre d'expérimentation

Il s'agit de définir pour chaque scénario devant être simulé ou expérimenté un certain nombre de paramètres tel que : La durée de la simulation, le nombre de simulation à faire (Répliques), l'état initial du modèle, les règles de gestion des files d'attente,...etc.

9. Exécution de la simulation et Analyse des résultats

Dans cette étape, Le modèle programmé sera analysé et interprété par le simulateur qui délivre en sortie des résultats purement statistiques (moyenne, variance, écart type, minimum, maximum,...). L'analyse de ces résultats aura pour objectifs d'estimer les mesures de performances des scénarios qu'on a expérimentés. Souvent, tous les membres du projet participent dans cette étape

10. Exécutions supplémentaires

Il est suggéré que plusieurs exécutions soient réalisées sur le modèle de simulation. Une analyse de résultats d'exécution doit être faites pour déterminera si d'autre exécution sont nécessaires ou d'autres scénarios non prévus doivent être expérimentés afin de s'assurer que le modèle répond bien aux objectifs visés dans l'étape deux.

11. Documentation

La documentation facilite la réutilisation de modèle et aide les personnes qui réutilisent ce modèle à comprendre bien leur fonctionnement.

12. Implémentation

Dans cette étape, l'analyste choisit parmi les solutions résultantes de simulation celle qui est la meilleure et la justifiera dans la documentation et la propose (et ne l'impose pas) au client. La décision de retenir cette solution pour une éventuelle implémentation reste donc une responsabilité du client.

4.4. TECHNIQUES DE COOPERATION EN SIMULATION

Pour chaque étape du processus de modélisation-simulation, des techniques de coopérations différentes qui sont adaptées au besoin de l'étape sont appliquées. Pour l'étape Formulation de problème, la coopération se résume souvent à des réunions entre des membres. Donc, nous utilisons les techniques de communication synchrone comme messagerie instantanée, la vidéo conférence, audio conférence, réunions en directe. Par exemple : NetMeeting, Agora, Skype.

L'étape de construction du modèle conceptuel constitue l'étape où il est particulièrement important de coopérer. Les concepteurs peuvent construire individuellement les modèles et les communiquent ensuite aux autres membres d'un projet, comme ils peuvent les écrire coopérativement. Des outils comme Net-Meeting et VNC proposent aussi des solutions intéressantes pour construire des modèles conceptuels de manière coopérative. Les outils de partage de bureau virtuel permettent à deux concepteurs de construire ensemble un modèle conceptuel. Les modélisateurs doivent cependant accéder à un même bureau virtuel et partager : aucune gestion d'un espace privé n'est possible.

L'étape de programmation ne nécessite pas une coopération importante, les développeurs programment des modèles informatiques tout seul selon les spécifications du modèle conceptuel précédemment établi. Généralement nous utilisons des techniques de coopération asynchrone comme le courriel, les forums

Pendant la phase d'expérimentation, nous effectuons trois tâches principales: (i) la saisie des paramètres, (ii) l'exécution de la simulation et (iii) l'analyse des résultats. Pour la saisie des paramètres de simulation, quelques techniques de coopération existent comme : la saisie directe via une interface coopérative, ou bien l'écriture coopérative et le partage de fichiers de paramètres qui vont être lus par les simulateurs.

5. TRAVAUX COOPÉRATIFS DANS LE DOMAINE DE SIMULATION (ETAT DE L'ART)

Les travaux qui touchent les aspects coopératifs dans les environnements de simulation sont rares. [Korichi 2009] pense que cela est dû d'une part au fait que le domaine du TCAO est très jeune et d'autre part qu'il n'y a pas beaucoup de groupes de recherches qui ont traité ce sujet. Les travaux publiés sur ce sujet discutent pour la plupart quelques aspects coopératifs d'un tel environnement sans donner des orientations sérieuses vers un environnement de modélisation et de simulation coopératif.

Dans la suite nous présentons quelques travaux coopératifs dans le domaine de simulation :

- **Virtual Laboratory Environment – VLE :**

VLE est une plateforme de conception et de mise en œuvre d'expériences virtuelles dans le cadre de systèmes spatialisés. Il permet de décrire et de construire un modèle de systèmes complexes au sens large à base d'agents réactifs, de définir l'expérience que l'on veut mener, de simuler l'évolution du système et d'analyser les résultats des simulations. Le problème de VLE est qu'il dépend du système d'exploitation, il fonctionne uniquement sur Windows et Linux. Son installation est un peu difficile et surtout elle ne supporte pas beaucoup d'outils collaboratifs [Ramat & Preux 2001].

- **ViroLab :**

ViroLab est un laboratoire virtuel qui aide à la décision afin de fournir une base de connaissances des maladies contagieuses. De plus, ViroLab fournit un laboratoire virtuel où les chercheurs et les médecins peuvent facilement accéder à des simulations distribuées et partager, traiter et analyser des données [Nguyen 2008].

- **NetMeeting :** [Taylor 2000]

Taylor a essayé de présenter le concept de la modélisation et simulation coopérative en utilisant NetMeeting. NetMeeting est un logiciel de visiophonie par Internet. En plus de la fonction visiophonie, il offre quatre autres fonctions: le chat classique, le partage d'application (prise en main à distance d'une application sur le poste d'interlocuteur), le tableau blanc avec possibilité de partage d'un écran avec les fonctionnalités de "Paint" ou d'une tablette graphique, et enfin, l'envoi de fichiers. Donc l'approche de la simulation coopérative est basée sur les concepts de chatting, de tableau blanc partagé et de partage d'applications (outil de simulation SIMUL8). Taylor a recommandé la solution comme une amélioration du processus de modélisation et de simulation.

▪ **COVISE** : (COllaborative VItualization and Simulation Environment) :

COVISE est un environnement logiciel distribué et extensible. Il intègre de fonctionnalités de simulations, de post-traitement et de visualisation d'une manière transparente. Depuis son début COVISE a été conçu pour le travail collaboratif permettant à des ingénieurs et des scientifiques à se répandre sur une infrastructure réseau. Il a été conçu de manière à permettre l'incorporation des différentes infrastructures de haute performance telles que les calculateurs parallèles, calculateurs vectoriels et les réseaux rapides. Ainsi, COVISE peut tirer profit des caractéristiques variées de ces infrastructures.

En COVISE, une application est divisée en plusieurs étapes de traitement, qui sont représentés par des modules COVISE. Ces modules, mis en œuvre comme des processus séparés, peut être arbitrairement répartis sur différentes plates-formes hétérogènes. [Lang & al 1995]

Actuellement, on souvent développe des plateformes simulation - modélisation collaborative à la base de WEB. Le mode de travail de ce type de simulation est souvent sous forme du serveur et client, la simulation peut-être en distance ou local :

1. En distance :

Cette approche consiste à soumettre le modèle de simulation depuis un navigateur vers un serveur en utilisant des formulaires dans des pages HTML. Le serveur les reçoit et les transmet au simulateur. Lorsque la simulation est terminée, les résultats sont renvoyés via le serveur de Web au client sous forme de page HTML qui les affiche (Figure 13).

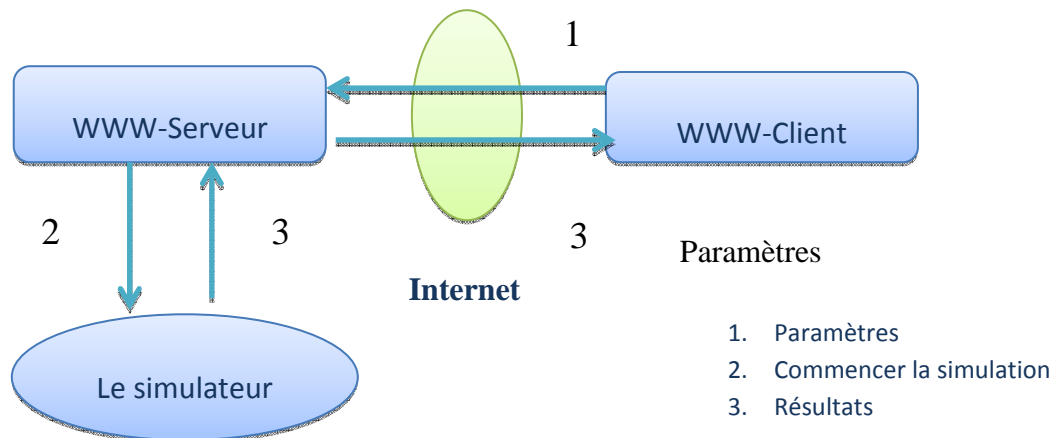


Figure 13 : Simulation en distance.

2. En local :

Cette approche consiste à implémenter le modèle de simulation sous forme d'applet en utilisant le langage Java et qui sera exécuté du côté du client plutôt que sur le serveur (Figure 14).

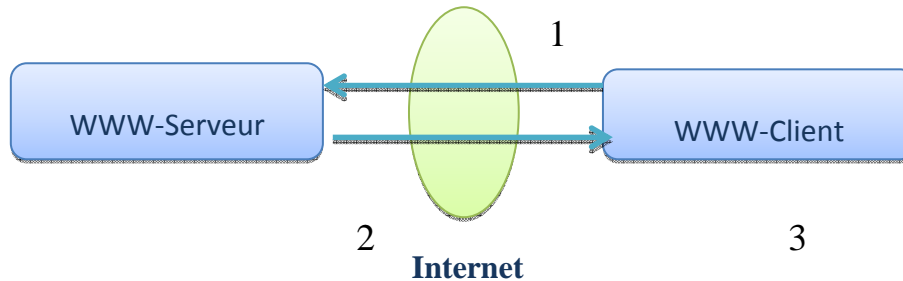


Figure 14 : Simulation en local.

Les plates-formes de modélisation-simulation à base de WEB répondent à deux grands inconvénients des plates-formes “normales” qui ne se basent pas sur la technologie WEB :

- La plupart des plates-formes normales sont dépendantes du système d’exploitation.
- Il est difficile d’intégrer des simulateurs dans des plates-formes “normale”. En raison des logiciels propriétaires et des problèmes de compatibilité avec le système d’exploitation.

Les plates-formes à base de WEB présentent deux avantages majeurs :

- Une plate-forme indépendante avec le système d’exploitation, facile à utiliser avec toutes les fonctionnalités nécessaires. Et on doit le déployer seulement une fois, sur le Web serveur par exemple.
- un environnement modulaire permettant une intégration aisée de nouvelles fonctionnalités et de nouveaux composants.

Parmi les plateformes de modélisation-simulation à base de Web nous pouvons citer, par exemple :

- **WEB-SIM-MIOR** : [Cambier & al 2006]

WEB-SIM-MIOR définit un concept original de la modélisation en proposant un nouvel outil de simulation accessible sur un site WEB interactif, l’outil visé devrait être suffisamment interactif et permettre à chacun de paramétrer et contrôler sa propre simulation. WEB-SIM-MIOR se construit comme une couche logicielle « englobant » le simulateur existant MIOR. Les simulateurs proposés dans WEB-SIM-MIOR sont des applets java reposant sur la technologie NetLogo

- **TangoSim** : [Beca & al. 1997]

TANGOSim est une extension du système TANGO orientée vers les applications de simulation. Le produit original TANGO est un environnement de collaboration sur le WEB. TANGOSim est bâti autour d'un simulateur à événements discrets "multithreads" qui implémente la notion du temps virtuel et qui peut être piloté par un langage de scripts. Il peut être contrôlé interactivement par un utilisateur par l'intermédiaire d'un contrôleur de simulation. Le simulateur et le contrôleur sont respectivement implémentés sous forme d'application et d'applet Java. Le contrôleur de simulation permet de créer des messages pour n'importe quelle application compatible avec le système TANGO, de créer et de contrôler les sessions, et de réaliser des scénarios dans lesquels la ligne de conduite dépend de la contribution de l'utilisateur.

- **GroupSim** : [Wladimir & al 2004]

C'est un environnement de collaboration destiné à assister, avec les outils de simulation, le processus de construction et d'exploitation d'un modèle de simulation à événement discret en utilisant le Web comme plate-forme. Cet environnement est basé sur un système informatique collaboratif et exploite les concepts de la modélisation distribuée avec la génération automatique de programme et le contrôle distribué de l'expérimentation. Wladimir, Hirata et Edgar présentent quelques exemples pour illustrer l'utilisation de l'environnement et discutent quelques issues liées aux environnements de collaboration tels que la gestion des conflits d'accès, le contrôle d'accès, la conscience de groupe ainsi que la performance.

- **WBSC (Web Based Simulation Center)**: [Henriksen & al 2002]

WBSC est un concept et un prototype de solutions pour le soutien des spécialistes de différents domaines qui sont impliqués dans un projet de simulation, phase par phase, avec l'appui de ressources sur le Web". WBSC supporte toutes les étapes d'un projet de simulation collaboratif. L'avantage de la plate-forme WBSC est qu'elle fournit suffisamment de fonctionnalités pour la collaboration comme : une messagerie instantanée, un système de gestion de fichiers, un environnement pour écrire collaborativement (Collaw), ainsi que des fonctionnalités pour réaliser des expérimentations (de la saisie des paramètres, à l'exécution la simulation et à l'affichage de résultats sous forme d'images...). Mais, l'inconvénient principal de la plate-forme WBSC est qu'elle supporte seulement le simulateur GPSS/H. Il est, en effet, complexe d'intégrer de nouveaux simulateurs. D'autre part, WBSC ne supporte pas les outils collaboratifs comme la vidéo conférence, le tableau blanc ou le partage d'écran . . .

- **PAMS (Plate-forme d'Aide à la Modélisation-Simulation) :** [Nguyen 2008]

PAMS est une plate-forme collaborative dédié à la simulation à base d'agent. Elle permet de créer un ensemble d'outils méthodologiques et logiciels pour modéliser et simuler des systèmes complexes. Elle intègre des outils collaboratifs communs (par exemple la vidéo conférence, la messagerie instantanée, tableau blanc) et des outils spécifiques pour partager et pour manipuler des modèles, des simulateurs, des expérimentations et des résultats. PAMS soutient les simulateurs à base de la plate-forme Repast et Gama.

6. CONCLUSION

Dans ce chapitre, Nous avons montré l'importance de l'utilisation de la simulation comme méthode de conception et l'apport de cette dernière par rapport aux systèmes de production.

Nous avons présenté aussi l'aspect collectif d'un projet de simulation et les différents modes et techniques de coopération appliqués dans ce projet.

Dans le prochain chapitre on va décrire les différents mécanismes de coordinations afin de les utiliser dans la représentation de notre méta-modèle de coordination.

Chapitre

3

La coordination dans un projet de simulation

1. INTRODUCTION

L'exécution collective des tâches planifiées entraîne des dépendances entre les activités des individus. La gestion de ces dépendances nécessite des mécanismes de coordination. La coordination est donc une activité indissociable de l'activité de coopération. Elle permet aux membres d'un groupe d'articuler les actions de chacun pour concevoir et réaliser ensemble un produit collectif : « elle regroupe l'ensemble des mécanismes par lesquels les individus intègrent leurs activités productives » [Katzy & Ma 2002]

Dans ce chapitre nous allons présenter les différents modes et mécanismes de coordination permettant aux participants d'un projet de simulation de se synchroniser et de gérer l'exécution des tâches nécessaires à son accomplissement.

2. LA COORDINATION, OU LA GESTION DES INTERDEPENDANCES

Malone et Crowstone développent au MIT¹³ une théorie de la coordination visant à unifier les approches de la coordination dans de nombreux domaines. Ils définissent la coordination comme étant « la gestion des interdépendances ».

« Coordination is managing dependencies between activities. This definition is consistent with the simple intuition that, if there is no interdependence, there is nothing to coordinate. »

[Malone & Crowstone 1994]

On distingue deux points de vue concernant la coordination. Le point de vue organisationnel porte essentiellement sur la coordination des membres et le point de vue des processus s'intéresse à la gestion des interdépendances entre les activités en termes de tâches et de ressources.

2.1. LA GESTION DES « INTERDEPENDANCES ENTRE LES MEMBRES »

Thompson propose une typologie des interdépendances. Il distingue le couplage de communauté, le couplage séquentiel et le couplage réciproque :

2.1.1. LE COUPLAGE DE COMMUNAUTE (POOLED INTERDEPENDENCE)

Dans ce cas les acteurs partagent des ressources, mais sont indépendants les uns des autres. Dans un projet de simulation ce cas n'est pas vraiment applicable.

2.1.2. LE COUPLAGE SEQUENTIEL (SEQUENTIAL INTERDEPENDENCE)

Dans ce cas les acteurs travaillent à la suite les uns des autres. Ce type d'interdépendance est parfaitement appliqué dans les projets de simulation ; l'implémentation d'une solution nécessite un travail séquentiel des différents acteurs du projet (les différents étapes d'un projet de simulation).

¹³Massachusetts Institute of Technology.

2.1.3. LE COUPLAGE RECIPROQUE (RECIPROCAL INTERDEPENDENCE)

Les acteurs se donnent du travail les uns aux autres. Ce type d'interdépendance existe lorsqu'un aléa intervient dans le travail planifié (couplage séquentiel) et qu'il nécessite un ajustement.

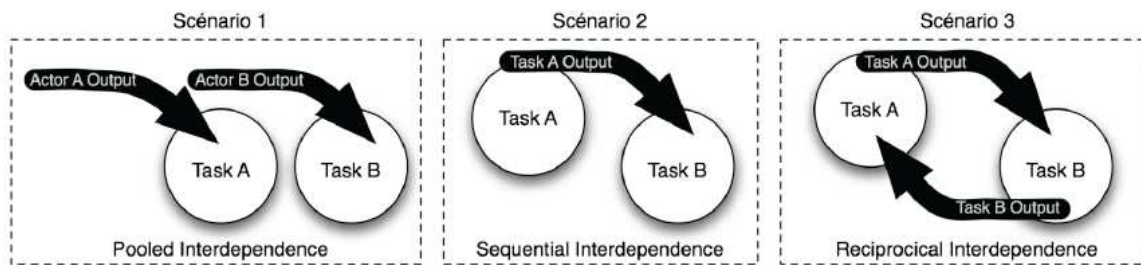


Figure 15: Interdépendances entre membres, inspiré de [Zolin & al 2000].

2.2. LA GESTION DES INTERDEPENDANCES ENTRE LES ACTIVITES

Malone et Crowstone [Malone & Crowstone 1994] mènent un travail interdisciplinaire visant à proposer une théorie générale de la coordination. Ils ont proposé une analyse centrée sur les dépendances et les flux entre activités dans un processus. Ils proposent de mettre en relation ces dépendances avec des mécanismes de coordination car la typologie des dépendances est basée sur les ressources qui les génèrent. L'objectif d'une telle approche est de clarifier l'usage des mécanismes de coordination.

Malone et Crowstone proposent trois catégories d'interdépendance qui, si on les combine ou qu'on les spécialise, permettent de représenter toutes les situations d'activités collectives :

1. Les dépendances d'ajustement (Fit) :

Ils existent lorsque des activités produisent une même ressource en associant leurs compétences. On peut voir ce type de dépendance lorsque plusieurs tâches indépendantes et parallèles produisent un même ouvrage, cela indique qu'une activité doit réunir les activités de plusieurs acteurs, c'est le cas typique de la réunion entre des acteurs devant faire la synthèse d'une phase d'un projet. Dans un projet de simulation, on trouve ce type de dépendance par exemple lors de l'étape de construction du modèle conceptuel où chaque concepteur produit une version du modèle.

2. Les dépendances de flux (Flow) :

Représentent un enchaînement d'activités dans lequel le résultat de l'une sert de ressource à la suivante. Dans la simulation, il s'agirait des activités séquentielles : par exemple, l'activité de construction du modèle conceptuel ne peut se faire avant que le problème a été formulé et l'activité de programmation ne peut être réalisée avant la construction du modèle conceptuel. L'activité A1 est alors nécessaire à l'accomplissement de l'activité A2.

3. Les dépendances de partage (Sharing) :

Existent lorsqu'une même ressource est utilisée par différentes activités. C'est le cas lorsque des concepteurs produisent plusieurs variantes d'un modèle conceptuel. Il est nécessaire de faire la synthèse de ces versions au cours d'une réunion par exemple.

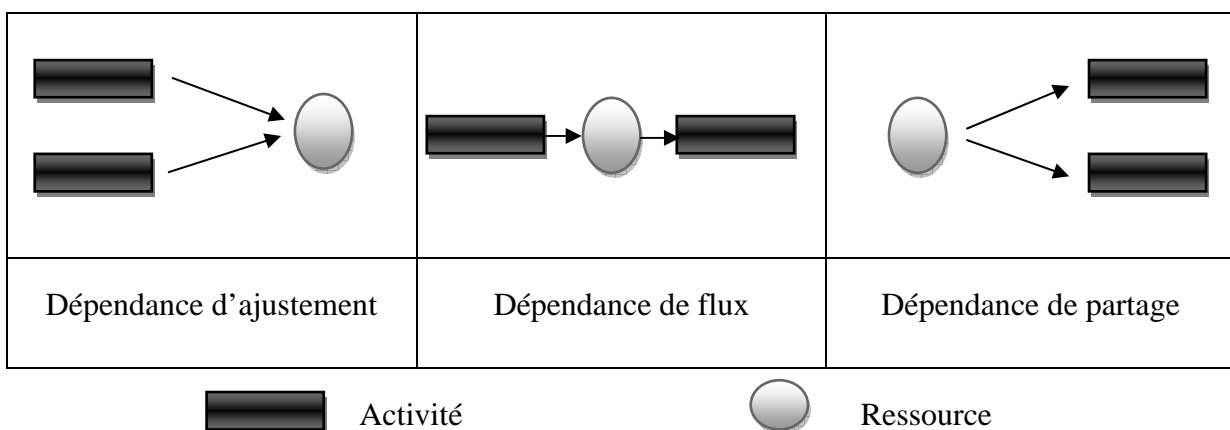


Tableau 5 : Interdépendances selon Malone et Crowstone.

On voit bien dans cette rapide analyse que les trois types de dépendances interviennent dans la plupart des activités d'un projet de simulation. Malone et Crowstone précisent que ces dépendances représentent le noyau minimum à partir duquel d'autres types de dépendances peuvent être analysés, par agrégation ou spécialisation [Malone & al 1999].

Il est clair que ce sont les interdépendances qui génèrent un besoin de coordination. En effet, une activité individuelle complètement indépendante (par exemple réaliser un tableau) ne nécessite pas de coordination. Par contre, la réalisation d'un projet de simulation impliquant de nombreux acteurs, dont les tâches se complètent, nécessite de la coordination.

Malone et Crowstone montrent que les dépendances sont plus vastes et concernent les processus dans leur ensemble : les acteurs certes, mais aussi les ressources, les tâches elles-mêmes, les contraintes d'exécution. Dans le domaine simulation, les types d'interdépendances sont nombreux : attente de la réalisation d'une tâche d'un acteur, dépendances non anticipées provenant d'une activité particulière etc.

Nous proposons donc de caractériser les différents mécanismes de coordination existant selon Mintzberg [Mintzberg 1978].

3. TYPOLOGIE DES MECANISMES DE COORDINATION

Henry Mintzberg propose cinq mécanismes de coordination : la supervision directe, la standardisation des procédés de travail, la standardisation des compétences et des qualifications, la standardisation des produits et l'ajustement mutuel. Mintzberg les présente d'ailleurs comme « les éléments fondamentaux de la structure, la colle qui maintient ensemble les parties de l'organisation » [Mintzberg 1978].

3.1. LA SUPERVISION DIRECTE

Dans ce mécanisme une personne se trouve investie de la responsabilité du travail des autres. Ce responsable analyse et découpe les tâches à réaliser, les planifie en fonction de la disponibilité des ressources et contrôle le travail. Diverses méthodes de planification sont à sa disposition : le diagramme de Gantt, la méthode Pert.....etc. Ce mode de coordination est prédominant dans les structures simples, mettant en relation directe centre opérationnel et sommet hiérarchique.

3.2. LA STANDARDISATION DES PROCEDES DE TRAVAIL

Il consiste à spécifier et programmer le contenu du travail à réaliser. Ce mécanisme se retrouve, par exemple, dans les cas où les acteurs voient leur tâches prédéfinies et répétitives.

3.3. LA STANDARDISATION DES RESULTATS

Elle consiste à spécifier en amont le résultat que l'organisation doit produire. Il peut s'agir de normes que le produit doit respecter, de performances, ou d'une qualité de service. Ce type de coordination facilite l'enchaînement des tâches car l'évolution de la réalisation répond à un cahier des charges bien précis.

3.4. LA STANDARDISATION DES QUALIFICATIONS

Ce mécanisme est, pour Mintzberg, un moyen de répondre à l'impossibilité de standardiser des procédés ou des résultats. La qualification et le savoir sont standardisés lorsqu'est spécifiée la formation de celui qui exécute le travail. Ce mécanisme de coordination existe dans les cas où les professionnels tendent à s'identifier « plus avec leur profession qu'avec l'organisation dans laquelle ils la pratiquent ».

3.5. L'AJUSTEMENT MUTUEL

Dans ce mécanisme la coordination du travail se fait par simple communication informelle. « Grâce à l'ajustement mutuel, le contrôle du travail reste entre les mains de l'opérateur ». Deux caractéristiques permettent à un tel mécanisme de fonctionner : une bonne connaissance de l'environnement de travail de la part de l'opérateur en situation de décision et une relation aux autres membres permettant à chacun une liberté de décision.

L'ajustement mutuel prend place dans le cas d'environnement complexe et dynamique comme c'est le cas d'un projet de simulation.

Nous pouvons dire que ces mécanismes de coordination essentiels proposés par Mintzberg peuvent s'adapter aux situations rencontrées dans le domaine de la simulation. D'ailleurs, nous notons que la complexité de l'activité collective dans ce secteur est décrite à travers les cinq mécanismes :

- La supervision directe et la standardisation des procédés de travail caractérisant les protocoles hiérarchiques ;
- La standardisation des résultats, qui consiste à spécifier l'attente qualitative sur la réalisation des ouvrages (suivant des normes, etc.) ;
- La standardisation des qualifications des intervenants, qui nous paraît plus intéressante car le savoir-faire conduit vers la responsabilisation des acteurs ;
- L'ajustement mutuel qui rend compte des situations courantes de résolution de problèmes par voie informelle et implicite.

4. FORMES DE LA COORDINATION DANS UN PROJET DE SIMULATION

Lors de la réalisation du projet de simulation, les acteurs vont devoir se coordonner mais aussi adapter le processus de projet en définissant de nouvelles activités (régulation). Ces deux notions sont mises en application par des mécanismes de coordination explicite et implicite des acteurs impliqués dans le projet.

4.1. LA COORDINATION EXPLICITE

Est une situation de coordination dans laquelle l'acteur « sait ce qu'il doit faire parce qu'on le lui a dit » [Malcurat 2002]. Dans ce type de coordination, les activités sont planifiées a priori. Elle sert à assister des actions connues, presque répétitives, comme l'application des procédures décrites dans les contrats passés entre les membres d'un groupe, et qui reviennent à chaque projet. Dans ce cas, chaque acteur du groupe connaît son rôle et veille à l'exécution de ses tâches.

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

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

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

4.2. LA COORDINATION IMPLICITE

La coordination implicite (constitue le socle de notre modèle coopératif) à l'opposé suppose une auto-coordination basée sur des mécanismes de conscience de groupe. Elle permet aux acteurs d'interagir en dehors d'un contexte planifié et d'une prescription forte. Elle se fonde donc sur l'échange spontané de la part des acteurs impliqués dans la réalisation de l'activité. Dans ce cas, les acteurs connaissent et partagent l'objectif de l'activité qui les rassemblent ; leurs orientations doivent non seulement être compatibles mais le plus souvent identiques.

La coordination implicite ne nécessite pas de modélisation poussée du processus à coordonner. Elle présente donc l'avantage d'être dynamique et flexible, ce qui lui permet de s'adapter aux changements intervenant durant le déroulement de l'activité.

La responsabilisation des acteurs est primordiale dans ce type de coordination car sa réussite dépend essentiellement de l'investissement des partenaires.

Dans ce mode de coordination, les relations entre les acteurs sont du type co-traitance. Les interactions entre les acteurs ont lieu tout au long du projet, ce qui peut favoriser la résolution de certains problèmes dès leur apparition.

5. SUPPORTS DE LA COORDINATION

Comme tout projet d'entreprise, la coordination entre les intervenants d'un projet de simulation peut se faire par: l'utilisation des différents vecteurs de communication (réunions, objets intermédiaires (artéfacts).....) ou la planification par la mise en œuvre de techniques graphiques.

5.1. LA COMMUNICATION COMME SUPPORT DE COORDINATION

La dimension dialectique de la communication est primordiale dans un projet coopératif : émettre une critique ou une remarque, émettre un avis, un commentaire, fixer une date de rendez-vous. C'est un moyen de construire une base de connaissance commune sur laquelle se fonde toute compréhension mutuelle, et donc tout travail coopératif.

La communication renforce la notion de groupe en facilitant cette compréhension mutuelle qui est essentielle pour le succès d'une action conjointe [Bouattour 2005].

Généralement, la communication humaine directe est décomposée en une phase de présentation où l'émetteur adresse un énoncé au récepteur, et une phase d'acceptation où le récepteur signale qu'il a compris l'énoncé. Le message de compréhension n'est pas nécessairement verbal. En effet, la parole est loin d'être le seul vecteur de communication pendant un dialogue. Les gestes (volontaires ou réflexes), le regard et l'expression du visage apportent tout autant d'informations et aident à communiquer. Ce genre de communication est nommé de 'face-à-face'. Elle est caractérisée par la co-présence, la visibilité, l'audibilité, la co-temporalité, la simultanéité et la séquence.

La communication peut également être médiatisée, avec l'utilisation de divers types de média qui se développent avec le progrès technique et informatique. Certains de ces outils sont plus efficaces que d'autres pour effectuer un type de tâches ou d'actions. Chaque média impose des contraintes propres (la visibilité, l'audibilité, la simultanéité, la mémorisation).

Exemple : Le téléphone est caractérisé par l'audibilité, la co-temporalité, la simultanéité et la séquence. Le courrier électronique, lui, est caractérisé par la trace écrite, la mémorisation et la révision.

Par ailleurs, la communication peut être basée sur l'oralité ou basée sur les artéfacts [Boniver et al. 2003] :

- La communication orale : sous forme de discussions directe, par téléphone,...etc. Les moyens de cette communication peuvent être : les réunions, les présentations de projets devant des membres de jury.
- La communication par artéfact : Elle consiste à faciliter la compréhension de l'information de coordination par l'utilisation de représentations adaptées au domaine d'expertise des acteurs. Elle est sous forme de textes, de tableaux, de graphiques et de figures, de schémas et de dessins ...etc. Les moyens de cette communication peuvent être : l'échange de documents, de courriers électroniques, messages instantanés (chat), de fax.

5.2. MOYENS DE COMMUNICATION

5.2.1. LES REUNIONS

La réunion est le moment privilégié pour la négociation (chef de projet-client ; concepteur-programmeur; etc..) et se retrouve tout au long du processus de réalisation du projet. Elle rassemble sur une durée relativement courte les intervenants essentiels aux activités en cours.

Dans les premières phases du projet, nous retrouvons principalement des réunions destinées à mettre en place les protocoles d'échanges et des réunions permettant de formaliser les attentes du maître d'ouvrage puis des réunions de 'créativité'. Ensuite, au cours de l'édification de l'ouvrage, la réunion occupe plutôt une fonction de validation et de gestion des tâches.

L'intérêt des réunions pour les acteurs vient justement du contact direct pour prendre rapidement des décisions. Leur importance sociale est telle qu'il serait difficile d'imaginer leur suppression, même si l'on sait que les technologies de communication permettent dans une certaine mesure de s'affranchir de l'inconvénient majeur des réunions, l'obligation de se déplacer. On repère au moins quatre fonctions assumées par les réunions : [Korichi 2009]

1. Une évaluation du travail effectué jusqu'alors, et par exemple depuis la dernière réunion,
2. Une prise en compte d'éléments nouveaux susceptibles d'orienter la marche de l'opération,
3. Une actualisation des objectifs des moyens et des méthodes, ainsi que la proposition d'une nouvelle date de réunion,
4. L'écriture et la distribution d'un rapport de réunion aux intervenants concernés.

Les types de réunion que nous pouvons identifier dans le domaine de la simulation sont :

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

5.2.2. LES DOCUMENTS

Les documents servent à la fois de vecteur d'échange et de mémoire du projet (plans, texte, chiffres..). Ils peuvent être produits ou juste consultés par les acteurs. Le nombre et la nature des documents échangés au cours d'un projet est variables et dépend de l'envergure du projet. Leur répartition relative dans les différentes phases est aussi variable. Il est possible d'ordonner les documents en fonction de la diffusion dont il font l'objet :

1. **Les inter-documents** : ces documents véhiculent l'expérience collective ainsi que l'ensemble du savoir et des connaissances du domaine. Ces dernières sont extraites par exemple des réglementations, des livres, des revues, base de données.....etc.
2. **Les intra-documents** : ces documents sont propres à un acteur. Dans la plupart des cas, ils ne sont pas échangés (croquis, notes)
3. **Les extra-documents** : ces documents sont échangés et partagés entre les acteurs au cours des différentes phases du projet (modèles, graphiques.....).

Les documents sont en deux types : papier ou électronique. Le mode d'échange de ces documents est la conséquence du son type. Les documents papier par exemple, sont échangés alors que les documents électroniques sont partagés.

5.2.3. CONTROLE DE CONCURRENCE

Le contrôle de concurrence est l'activité de coordination des accès concurrents à une ressource commune (document (modèle, graphe.....), acteur...etc.). D'après Ellis et Wainer [Ellis & Wainer 1994], il existe quatre niveaux de simultanéité d'accès aux objets partagés :

1. **Le travail séquentiel** : dans ce cas les objets sont utilisés par un acteur à la fois par exemple: lorsqu'un auteur écrit un texte, celui-ci est inaccessible pour les autres acteurs.
2. **Le travail en parallèle** : Dans ce cas, chaque activité effectuée en parallèle utilise un ensemble d'objets spécifiques et aucune interférence ne peut arriver entre ces tâches. par exemple lorsque deux auteurs sont en train de rédiger un ouvrage en s'occupant chacun d'un chapitre différent, ces activités sont simultanées mais n'interfèrent pas (ne partagent aucun objet), elles constituent ce qu'Ellis et Wainer appellent des tentatives différentes.

3. La concurrence additive : il apparaît par exemple lorsque deux ou plusieurs concepteurs réalisent des versions alternatives d'un modèle conceptuel. Dans ce cas il n'y a pas de modification simultanée d'un objet, il ne nécessite donc pas de système complexe de coordination au niveau des objets. L'information de l'état des documents doit donc être propagé entre les participants, c'est le rôle joué par la notification.

4. La concurrence totale : Dans ce cas les acteurs ont la possibilité de modifier les mêmes objets en même temps.

Le contrôle de concurrence est donc nécessaire pour aider à résoudre les conflits d'accès à l'environnement partagé, et pour aider les acteurs à exécuter des actions fortement couplées (principe de transparence).

La mise en œuvre de la flexibilité du contrôle de concurrence repose sur l'analyse des problématiques suivantes : "quoi" est partagé, "qui" partage, "quand" et "comment" partager.

- ✓ Le "quoi" correspond à la dimension informationnelle du partage.
- ✓ Le "qui" correspond à la dimension groupe du partage. Tous les membres d'un groupe partagent un certain nombre d'outils.
- ✓ Le "quand" correspond à la dimension temporelle du partage.
- ✓ Le "comment" traduit la politique adoptée pour réaliser le contrôle de concurrence.

On distingue deux catégories de politiques : optimiste ou pessimiste :

1. Une politique pessimiste : elle est choisie dans les cas où les conflits sont fortement probables. On met en œuvre un mécanisme garantissant la sérialisation des accès à une même donnée. Ce mécanisme peut être mis en action dès la phase de sélection de la ressource, ou lors de la validation de l'opération sur la ressource.

2. Une politique optimiste : dans ce cas, on suppose que les conflits sont rares. Les éventuels conflits d'accès sont réglés a posteriori à la fin de la phase d'exécution de l'opération.

Le choix d'une politique dépend du nombre de conflits pouvant se produire. Leur nombre est très variable en fonction du contexte, de l'applicatif, et de la maturité du groupe. La deuxième caractéristique d'une technique de contrôle de concurrence est sa nature explicite ou implicite, suivant si elle fait intervenir l'utilisateur directement ou non.

Exemple : L'utilisation des sections critiques de programme dans les politiques pessimistes. Lorsqu'un processus entre dans une section critique, aucun autre processus ne peut y entrer.

- **Le contrôle du tour de parole** (Floor control) est un des mécanismes interactifs permettant la mise en œuvre de stratégies pessimistes et explicites. A un instant donné, un seul participant a le droit d'agir sur les données contrôlées. La passation de ce droit ne se fait pas automatiquement mais à la demande. Les accès séquentiels aux données sont supervisés par un acteur. Il existe différentes stratégies de prise de parole : techniques du bâton (le dernier passe au suivant), de l'anneau (tour de parole systématique), préemptive (on peut couper la parole), FIFO (file d'attente), par désignation (par un meneur) ou libre (le premier qui peut). Pour éviter qu'un acteur ne monopolise le tour de parole (situation de famine), le contrôle peut être réalisé par un coordonnateur automatique qui limite les temps de parole, ou par un coordonnateur humain qui reçoit toutes les requêtes de prise de parole et qui décide de retirer le tour de parole et de l'attribuer à un autre participant.

5.3. LA COORDINATION PROGRAMMEE (TECHNIQUE DE PLANIFICATION)

La planification consiste à déterminer les différentes opérations à réaliser sur une période déterminée ; les moyens matériels et humains à mettre en œuvre pour réaliser le projet. Il est possible d'utiliser différentes méthodes de planification. Le mode de représentation graphique est particulièrement adapté pour la représentation de ce type d'informations. Ces graphiques permettent de vérifier en permanence l'état d'avancement d'un projet et d'anticiper les dépassements de délais en corrigeant à temps les écarts entre les prévisions et la situation réelle. Les deux méthodes les plus utilisées sont la planification par chronogramme de Gantt et la méthode PERT. La finalité de ce deux méthodes est la même : coordonner les tâches afin de maîtriser les délais et les coûts.

5.3.1. LA METHODE GANTT

C'est une méthode fort ancienne puisqu'elle date de 1918 et pourtant encore très répandue mais sous des formes et sur des applications résolument modernes. Elle consiste à déterminer la meilleure manière de positionner les différentes tâches d'un projet à exécuter, sur une période déterminée, en fonction : [Courtois & al 2003]

- des durées de chacune des tâches ;
- des contraintes d'antériorité existant entre les différentes tâches ;
- des délais à respecter ;
- des capacités de traitement.

La simplicité de cette méthode permet aux acteurs d'avoir une vision simple et globale de l'état dans lequel se trouve le projet, ce qui en fait un outil de coordination appréciable.

5.3.2. LA METHODE PERT

PERT est l'acronyme de *Program and Evaluation Review Technique*, « Technique d'élaboration et de contrôle des projets » pourrait-on traduire en français. La méthode PERT date de 1958 et vient des États-Unis où elle a été développée sous l'impulsion de la marine américaine. Elle s'attache surtout à mettre en évidence les liaisons qui existent entre les différentes tâches d'un projet et à définir le chemin dit « critique », constitué de l'ensemble des opérations critiques, c'est-à-dire des opérations sur lesquelles on ne peut pas prendre de retard sans modifier la durée de réalisation du projet.

Comme pour le Gantt, sa réalisation nécessite tout d'abord de définir :

- le projet à réaliser ;
- les différentes opérations et les responsables de ces opérations ;
- les durées correspondantes ;
- les liens entre ces différentes opérations.

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

5.4. LA COORDINATION IMPLICITE (AUTOCOORDINATION) PAR LES REQUETES TYPEES

Tout au long du cycle de vie d'un projet de simulation, les acteurs du projet s'échangent des informations pour se synchroniser et se coordonner. Cet échange se fait toujours de manière 'orientée' : lorsqu'un acteur envoie un ensemble d'informations, il associe toujours un traitement attendu à cet envoi. Le concept de 'requête typée' [Malcurat 2002] est la formalisation de ces interactions entre acteurs, appliquée par le destinataire dans un message typé. nous considérerons que la requête est une action de coordination implicite permettant à un acteur d'échanger ou de se coordonner.

Nous distinguons les types de requêtes suivants (l'acteur initiateur de la requête sera nommé A1 et son destinataire A2) :

- Pour avis : A1 demande à A2 de produire un avis ou un commentaire avant de continuer le traitement. La réponse peut être soit positive, soit contenir une demande de modification (requête pour modifications). Cette requête est employée par exemple lorsque A2 se voit attribué le rôle de consultant pour la tâche considérée ;
- Pour information : A1 informe simplement A2 sans attendre de réponse ;
- Pour validation : A1 attend une validation A2. La réponse peut être soit positive (le document est validé) soit comporter une requête pour modification ;
- Pour consultation : A1 informe le destinataire et désire savoir si ce dernier a pris connaissance de l'objet de la requête (cf : accusé réception) ;
- Demande de document : A1 fait valoir son droit auprès d'A2 en demandant l'envoi d'un document ;
- Demande de modification : A1 demande au A2 de modifier spécifiquement un document en indiquant le document et les modifications à opérer ;
- Demande de réunion : A1 demande aux participants d'une activité de se réunir afin de régler un point en suspens. Les destinataires répondent en indiquant leur présence ou leur absence ;
- Demande d'informations : A1 demande un complément d'informations sur un document.

6. CONCLUSION

La coordination regroupe les actions permettant d'ordonner et de réguler les activités d'un groupe d'acteurs afin de parvenir à un objectif. Dans ce chapitre nous avons présenté les différentes formes et moyens de coordination qui peuvent exister dans un projet de simulation. Comme nous avons bien cité dans le deuxième chapitre que la simulation est une méthode bien appropriée pour la conception des systèmes de production, le mode de coordination des acteurs se révèle donc être de nature implicite car dans le cadre de tel projet, les acteurs composant l'équipe de conception se connaissent bien et partagent l'objectif de l'activité qui les rassemblent. Nous avons considéré que le concept de requête typée représente une action de coordination implicite (auto coordination).

Dans le chapitre suivant, nous décrivons notre méta modèle d'auto coordination tout en se basant sur les concepts présentés dans les trois premiers chapitres.

Chapitre

4

Le méta-modèle d'auto-coordination

1. INTRODUCTION

Ce chapitre a pour objectif d'exploiter les concepts du modèle de Bardram dans un modèle conceptuel permettant de supporter le contexte coopératif d'un projet de simulation, tout en favorisant une coordination spontanée par les acteurs du projet. Ce modèle sera conçu selon les principes de méta-modélisation, en se basant sur les principes de l'approche par modèle, afin de permettre des implémentations et des extensions plus aisées.

Nous commençons d'abord par décrire les principes de l'approche par modèle. Puis nous présenterons un état de l'art des modèles de coordination du travail coopératif existants. Enfin, nous présenterons notre proposition du modèle d'auto coordination.

2. MODEL DRIVEN ARCHITECTURE (INGENIERIE DIRIGEE PAR LES MODELES)

L'Ingénierie Dirigée par les Modèles (IDM), ou Model Driven Engineering (MDE) en anglais, s'inscrit dans l'évolution des techniques pour le développement des systèmes informatiques afin d'en maîtriser leurs complexités. Elle a été développée depuis 2000 par l'OMG. Leur objectif est de définir un cadre de standards industriels certifiés, dans une approche normative [OMG 2012].

L'avantage d'une telle approche est qu'elle nous permette de modéliser nos besoins sans préjuger du mode d'implémentation.

La spécification de MDA est bâtie autour de différentes spécifications de l'OMG telles que :

- Le MOF (Meta Object Facility) associé à une architecture de modèles,
- UML (Unified Modeling Language) qui est un langage de description de modèles,
- CWM (Common Warehouse Metamodel) qui traite de l'entrepôt de données.

Le MOF [OMG 2000] fournit une infrastructure pour la représentation et la manipulation de méta-modèles selon une architecture à quatre niveaux:

- ✓ Le niveau M3 : représente le dernier niveau. Il décrit le méta-méta-modèle MOF, il est méta-circulaire : il peut se définir lui-même. Le MOF est – pour l'OMG – le méta-méta-modèle unique servant de base à la définition de tous les méta-modèles ;
- ✓ Le niveau M2 est celui des méta-modèles eux-mêmes, il décrit les concepts d'ordre générique communs à toutes les pratiques de projet ;
- ✓ Le niveau M1 comprend tous les modèles conformes à un méta-modèle, il décrit des concepts propres au domaine de la simulation ;
- ✓ Et le niveau M0 décrit le monde réel.

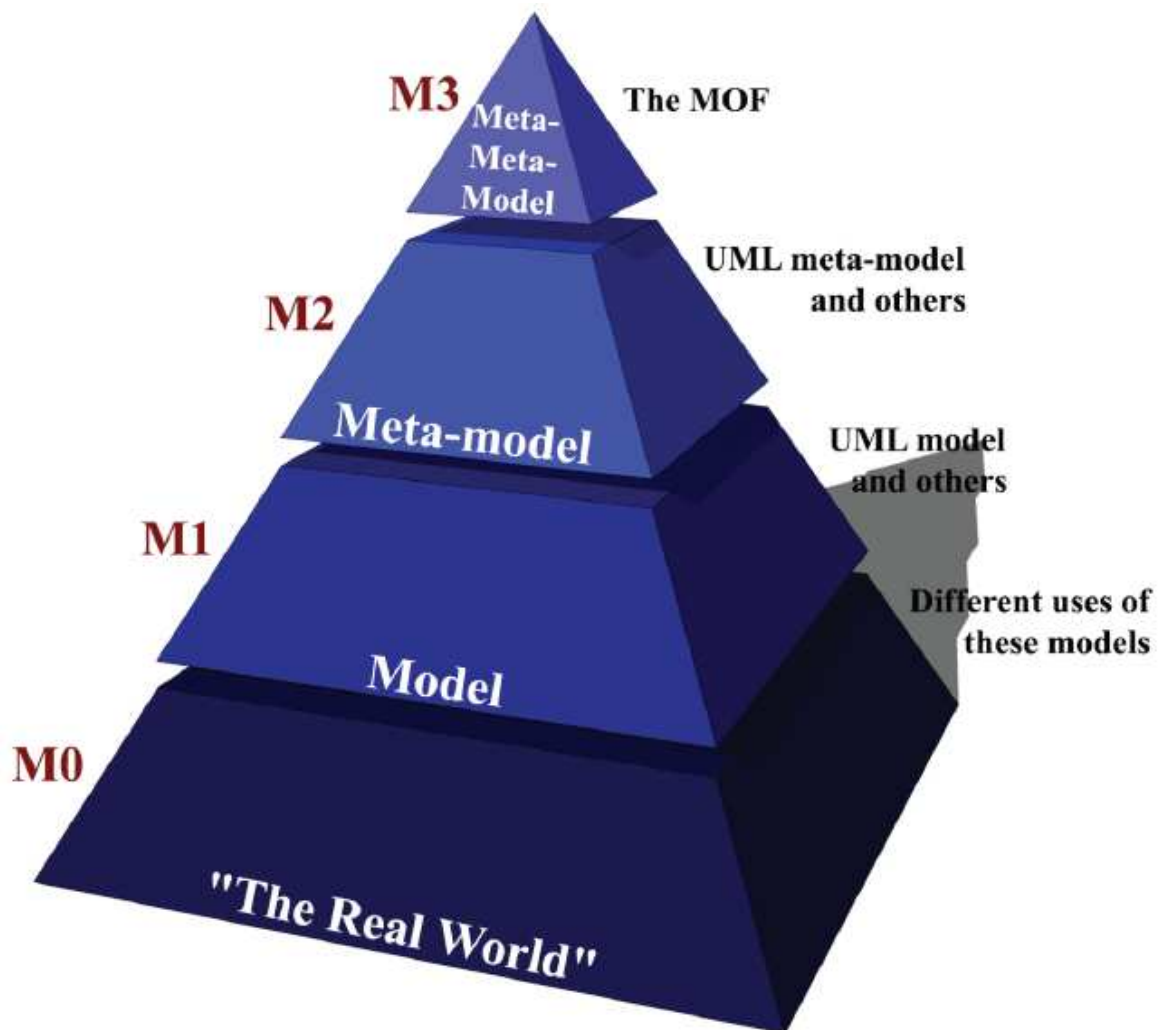


Figure 16 : Architecture de modèles du MOF [Kubicki 2006].

L'idée fondamentale est que les fonctionnalités du système à développer sont définies dans un modèle indépendant de la plateforme (Platform Independent Model, PIM), puis traduites dans un ou plusieurs modèles spécifiques à une plateforme (Platform Specific Model, PSM) pour l'implémentation concrète du système.

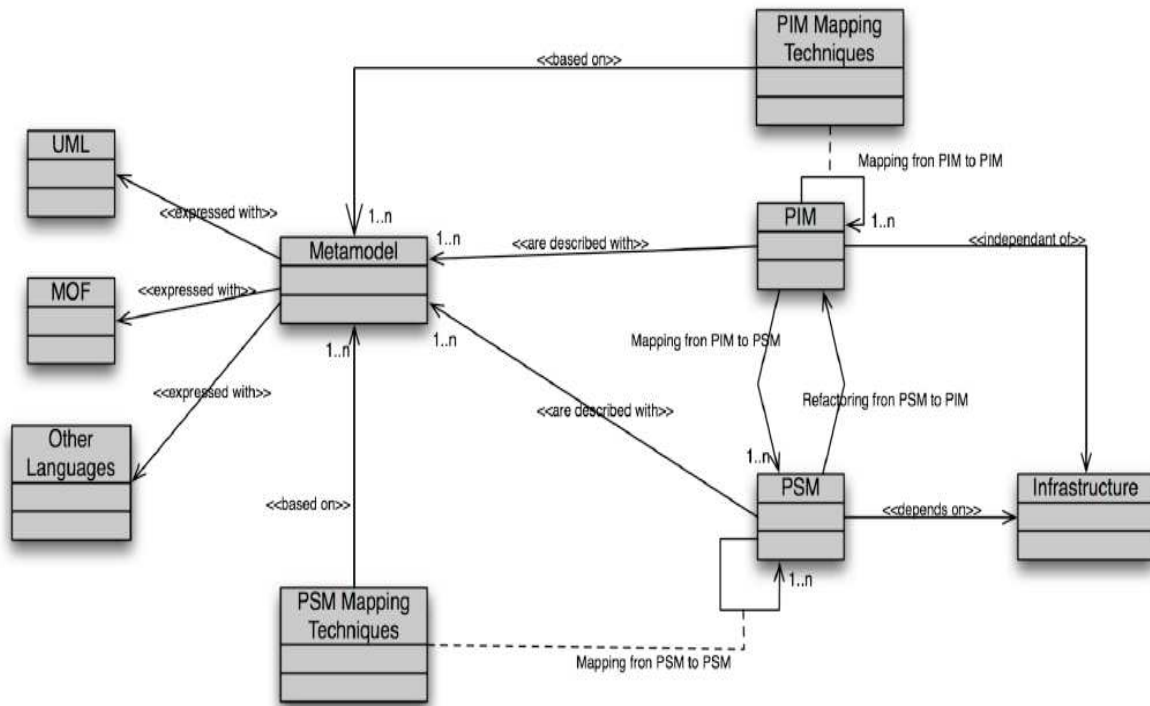


Figure 17 : Méta-modèle de MDA [Miller & Mukerji 2001].

L'approche MDA considère elle que 'Tout est modèle'. Les relations fondamentales sont la représentation (du système par le modèle), et la conformité (du modèle à un méta-modèle).

Un modèle est une représentation d'un système étudié alors qu'un méta-modèle est un modèle de langage de modélisation [Favre & al 2006].

Conversion entre modèles

La conversion entre modèles est un concept central de l'IDM. Elle est indispensable pour rendre les modèles productifs. Le principe technique de la transformation selon le MOF est de normaliser les échanges entre modèles en offrant des règles de projections indépendantes de toute plateforme. Une solution consiste à utiliser un langage structuré comme le XML (Extensible Markup Language) [Kubicki 2006].

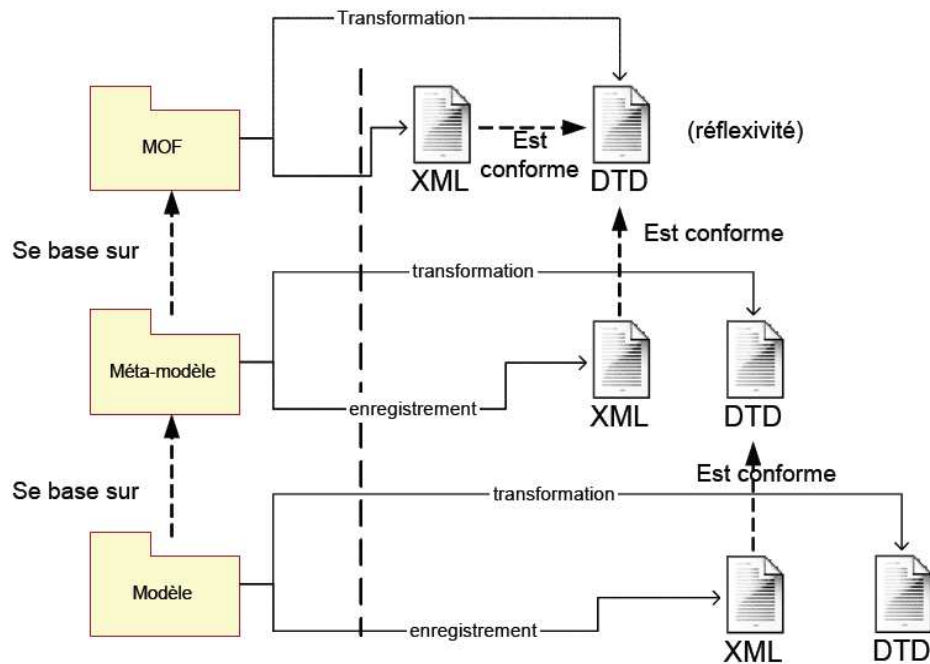


Figure 18: Principe de projection du MOF vers XML [Hanser 2003].

Le MOF propose une standardisation qui consiste à définir les règles de construction d'une DTD (Document Type Definition) correspondant à un méta-modèle décrit par le biais du MOF, puis à spécifier des contraintes de création des documents XML respectant les DTD définies précédemment. L'ensemble de ces règles est formalisé dans la spécification des XMI (Xml Métadéata Interchange).

La transformation peut être réalisée à l'aide d'un processeur XSLT (XSL Transformation) qui accepte un fichier source en entrée (ex. modèle UML), lui applique des règles de transformation en fonction des données contenues et génère un fichier cible (ex. fichier XMI).

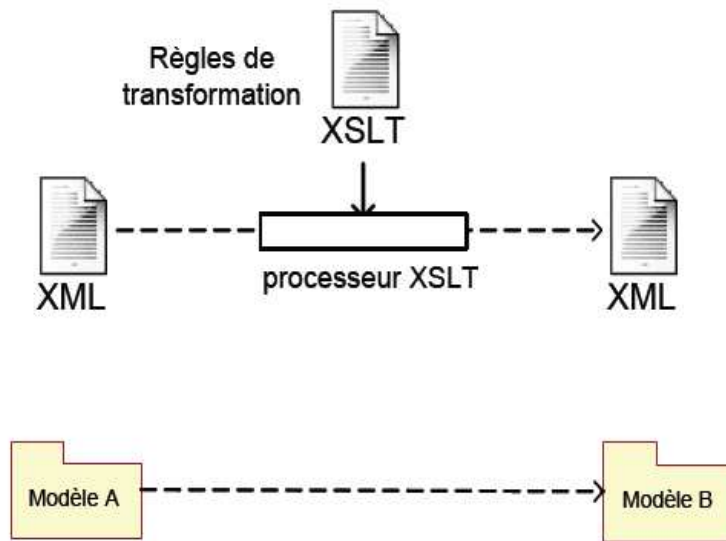


Figure 19: Principe de la transformation utilisant un processeur XSLT.

La transformation peut être aussi basée sur les modèles. L'hypothèse de base est qu'une transformation entre deux modèles est elle-même un modèle qui peut être « exécuté ». Le modèle de transformation doit s'appuyer sur le formalisme des méta-modèles d'entrée et de sortie, tout en étant évidemment conforme à un méta-modèle de transformation (Figure 20).

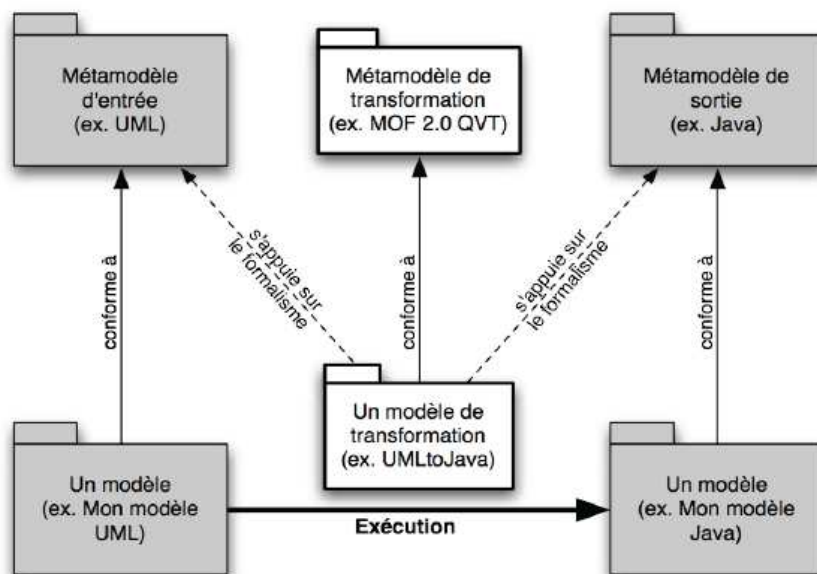


Figure 20 : Modèles de transformation [Kubicki 2006].

Le méta-modèle de transformation décrit :

- Les requêtes effectuées pour la transformation (Query),
- La correspondance structurelle entre les deux modèles (View),
- Les règles de construction utilisées pour le modèle généré (Transformation).

3. LE LANGAGE UML

UML est utilisé par le MDA comme un langage de description des modèles. Il est développé par l'OMG pour définir une notation standard pour la modélisation des applications construites à l'aide d'objets.

UML est un langage graphique qui permet de représenter et de communiquer les divers aspects d'un système.

Il est impossible de donner une représentation graphique complète d'un logiciel, ou de tout autre système complexe, mais il est possible de donner sur un tel système des vues partielles.

UML 2.0 comporte treize types de diagrammes représentant autant de vues distinctes pour représenter des concepts particuliers du système d'information. Ils se répartissent en deux grands groupes :

Diagrammes structurels ou diagrammes statiques (*UML Structure*)

Ces diagrammes permettent de représenter les entités du domaine modélisé, leurs propriétés et les relations qui les unissent. Nous pouvons citer : [Audibert 2009]

- diagramme de classes (*Class diagram*)
- diagramme d'objets (*Object diagram*)
- diagramme de composants (*Component diagram*)
- diagramme de déploiement (*Deployment diagram*)
- diagramme de paquetages (*Package diagram*)
- diagramme de structures composites (*Composite structure diagram*)

Diagrammes comportementaux ou diagrammes dynamiques (UML Behavior)

Cette vue est plus algorithmique et orientée « traitement », elle vise à décrire l'évolution (la dynamique) des objets du programme tout au long de leur cycle de vie. Les objets voient leurs changements d'états guidés par les interactions avec les autres objets. Les diagrammes représentant cette vue sont :

- Diagramme de cas d'utilisation (Use case diagram)
- diagramme d'activités (Activity diagram)
- diagramme d'états-transitions (State machine diagram)
- Diagrammes d'interaction (Interaction diagram)
 - diagramme de séquence (Sequence diagram)
 - diagramme de collaboration (Collaboration diagram)
 - diagramme global d'interaction (Interaction overview diagram)
 - diagramme de temps (Timing diagram)

Ces diagrammes, d'une utilité variable selon les cas, ne sont pas nécessairement tous produits à l'occasion d'une modélisation. Le diagramme de classe est généralement considéré comme le plus important dans un développement orienté objet. Il représente l'architecture conceptuelle du système : il décrit les classes que le système utilise, ainsi que leurs liens, que ceux-ci représentent un emboîtement conceptuel (héritage) ou une relation organique (agrégation).

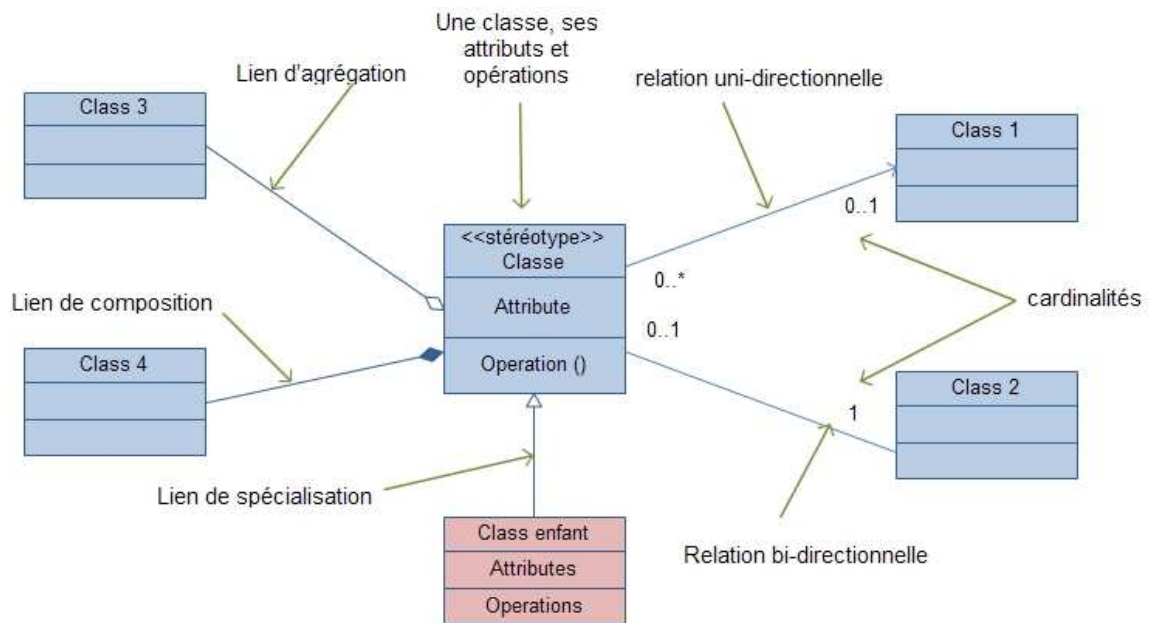


Figure 21 : Les notations utilisées dans un diagramme de classe.

Dans notre travail, nous nous intéressons plus particulièrement, au plus du diagramme de classe, aux diagrammes de collaboration et aux diagrammes des états-transitions. Les diagrammes d'états-transitions permettent de détailler les états pris par un objet (une tâche par exemple) puis les actions déclenchées lors de l'entrée d'un objet dans un état. Les diagrammes de séquence permettent de décrire un scénario d'interaction entre objets ou entre des utilisateurs et le système. Ces diagrammes pourront être utiles pour vérifier la pertinence d'un modèle par l'instanciation d'un exemple utilisant ses classes.

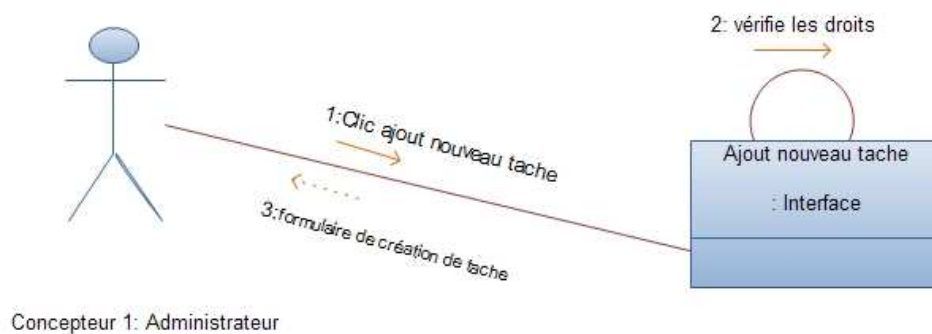


Figure 22: Exemple d'un diagramme de collaboration.

4. ETAT DE L'ART DES MODELES DE COOPERATION

La conception de nouveaux outils de support du travail coopérative et d'assistance à la coordination nécessite une bonne spécification du contexte de la coopération et du type de coordination qu'il supporte. Nous allons maintenant présenter les modèles actuellement utilisés pour la spécification d'applications fournissant un support au travail coopérative. Ces modèles sont classifiés en deux catégories : la première catégorie représente les modèles orientés processus, la second représente les modèles orienté règles.

4.1. LE « WORKFLOW REFERENCE MODEL »

C'est un méta-modèle proposé par La Workflow Management Coalition (WfMC)¹⁴. Elle se positionne sur le plan de la modélisation et de l'instrumentation des processus métiers. Les modèles de « processus métier » sont aujourd'hui très répandus dans de nombreux secteurs d'activités (production industrielle, production de services etc.). Leur développement constant est fortement lié à la recherche de qualité des processus et au développement d'outils servant de support à l'exécution de ces processus (optimisation, planification, aide à la décision etc.),

Le méta-modèle défini par la WfMC est relativement basique (Figure 23) et propose des mécanismes de définition d'organisation volontairement simplifiés afin de ne pas entrer en conflit avec les modèles organisationnels définis au sein des entreprises. Le méta-modèle permet la définition de processus exécutables sans pour autant proposer de définition des relations pouvant exister entre ces modèles [Breton 2002].

¹⁴Le WFMC est un organisme international constitué en 1993 pour définir des standards, spécifier les outils de workflow et promouvoir l'utilisation de ces techniques auprès des industriels.

4.2. LE META-MODELE DE DARE (DISTRIBUTED ACTIVITIES IN A REFLEXIVE ENVIRONMENT)

Le projet DARE est mené par l'équipe NOCE (Nouveaux Outils pour la Coopération et l'Éducation) appartenant au laboratoire Trigone de l'université de Lille 1. Il se focalise sur le support de l'activité collective dans le domaine de l'apprentissage [Bourguin 2000]. Il est orienté vers la collaboration et fortement inspiré de la Théorie de l'Activité.

Le méta modèle de DARE est fondé sur l'expression de la médiatisation du sujet et de la communauté et met en avant la prédominance de la règle. Il s'articule autour des concepts de tâche/sous-tâche, objet, sujet/communauté, outil et rôle (Figure 24).

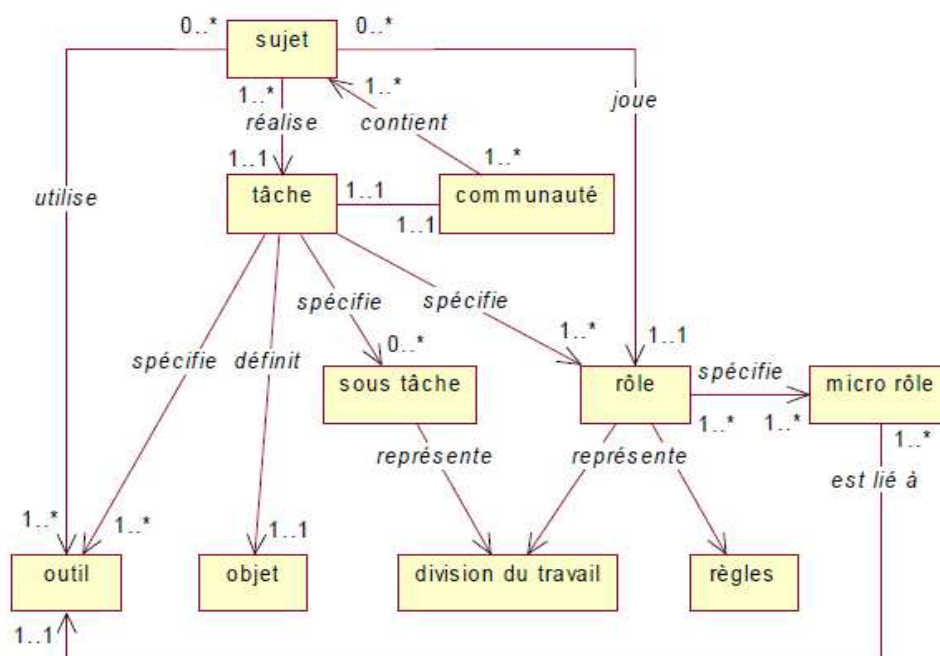


Figure 24 : Modèle conceptuel de DARE basé sur la théorie de l'activité [Bourguin 2000].

DARE se caractérise par son malléabilité par rapport au modèle de processus présentés précédemment (Workflow de WfMC). Il laisse un accès possible pour chaque participant à la définition du processus mais la liste des sous-activités a été préalablement définie, c'est donc assez proche d'un Workflow adaptatif (ou flexible). L'intérêt d'une approche par méta-modèle est ici de laisser la possibilité à certains utilisateurs de modifier le modèle afin de l'adapter à des situations particulières.

Le projet DARE vise à fournir un environnement intégrateur d'outils. Dans cette optique la modélisation de l'activité permet de définir les outils et vues nécessaires à l'acteur pour accomplir ses tâches. Bourguin dans ce projet insiste sur la place de l'outil dans le support de l'activité collective. Celui-ci « permet et limite la réalisation de l'objet, et informe le sujet, en fonction de son rôle, sur l'état de la réalisation » [Bourguin & Derycke 2005].

Les principaux concepts utilisés dans le méta-modèle de DARE sont : la tâche, le rôle et l'outil. (Figure 25)

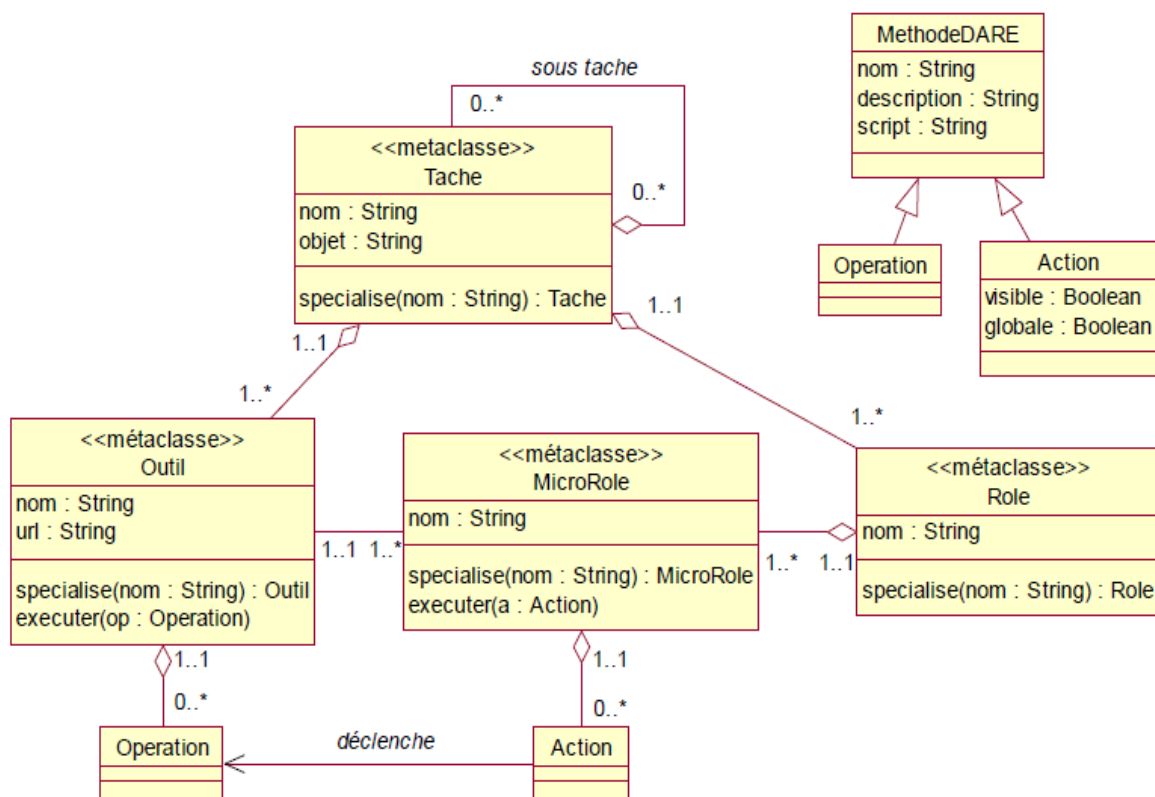


Figure 25: Le méta-modèle de DARE [Bourguin 2000 p 119].

- ✚ La participation d'un acteur à une activité est décrite par une tâche.
- ✚ La tâche indique les outils et les rôles disponibles.
- ✚ Une tâche peut contenir d'autres tâches.
- ✚ Un outil est techniquement réalisé par une applet Java, à laquelle est associée une liste d'opérations.
- ✚ Une opération est un morceau de code Smalltalk invoquant ou non des actions de l'outil.

L'approche par méta-modèle utilisée lors de la conception de DARE permet de définir les fonctionnalités possibles de l'outil au niveau « modèle » (M1), et de laisser l'utilisateur modifier la structure de l'activité en agissant, via une interface, sur ce niveau M1, qui structure le comportement de l'application. Ceci permet de rendre l'outil plus flexible et adaptable à des cas particuliers.

Le méta-modèle proposé dans le cadre de ce projet est donc « orienté activité ». Il utilise la théorie de l'activité pour décrire le domaine de la collaboration d'enseignants et d'élèves. Nous pouvons dire aussi que ce méta-modèle est « orienté contexte » parce qu'il permet à un utilisateur de modifier le processus tel qu'il a été anticipé.

4.3. LE META-MODELE DE CRAI¹⁵ (UN META-MODELE ORIENTE RELATIONS)

L'utilité principale des méta-modèles orienté processus que nous avons présenté précédemment est d'automatiser la gestion de processus pour faciliter la compréhension d'une organisation et d'assister son optimisation. Pour pouvoir automatiser, il est nécessaire de connaître à l'avance le déroulement d'un processus (dans le cas d'un workflow productif) ou les activités à supporter (workflow adaptatif). Cette connaissance permet l'édition de règles et de droits sur des éléments du système.

Les travaux menés au CRAI par Damien Hanser et Gilles Halinse sont focalisés sur les activités de conception coopérant, et plus particulièrement de conception architecturale. La conception est caractérisée par l'incertitude et l'absence d'un cahier des charges réellement formalisé. La réévaluation perpétuelle des objectifs de l'activité de conception s'oppose à la définition des processus nécessaires pour la mise en place d'outils de Workflow. Nous pouvons ajouter à cela que les concepteurs n'entretiennent pas une culture de la règle mais plutôt une culture de la réalisation [Hanser 2003], ils sont donc peu enclins à utiliser des dispositifs de régulation automatisée de leur activité. Pour ces raisons l'équipe de CRAI ne base pas leur réflexion sur la définition de processus métiers mais sur l'expression du contexte de projet propre à chaque participant. Le contexte de coopération est basé sur des relations de nature variable entre les différentes entités du contexte coopératif. [Hanser 2003]

¹⁵Centre de Recherche en Architecture et Ingénierie

Le méta-modèle de CRAI est réalisé selon l'architecture multi-niveaux du MOF. Ce choix se justifie de la manière suivante :

- L'architecture MOF permet la distinction entre les niveaux de modélisation (du plus général au plus spécialisé) ce qui permet d'une meilleure lisibilité du modèle,
- L'adoption de méta-modèles standards permet de faciliter L'interopérabilité des applications.
- Un modèle définis dans l'architecture MOF peut être facilement convertis à l'aide de modèles de transformations reposant sur le MOF QVT (selon le standard MDA).
- Pour proposer des outils d'assistance à la coordination, l'adoption de cette architecture permet de définir un modèle de l'application (M1) conforme au méta-modèle de coopération (M2). Ainsi, on peut fournir à l'utilisateur final un moyen de modifier le modèle de l'application pour que son fonctionnement soit plus proche de la réalité de l'activité en cours, tout en respectant les règles de base d'une coopération énoncées dans le méta-modèle.

Le méta-modèle original proposé par Damien Hanser [Hanser 2003] est inspiré de la théorie de l'activité. Il se compose de trois entités principales : l'acteur, l'activité et le document : (Figure 26)

1. **L'activité** : est le concept central du modèle. Elle est définie par trois niveaux : projet, phase et tâche. Leurs objectifs peuvent être différents : coordination, production ou synthèse.
2. **L'acteur** : il peut être un acteur simple comme il peut être un groupe d'acteurs impliqués dans l'activité. L'acteur se caractérise par ses compétences, son métier ainsi que par la place qu'il occupe au sein de l'organisation à laquelle il appartient (l'entreprise).
3. **Le document** : représente les objets intermédiaires échangés au cours du travail de groupe. Nous pouvons dire que le document est un artefact lié à l'activité, dont la production est généralement décrite dans des contrats.

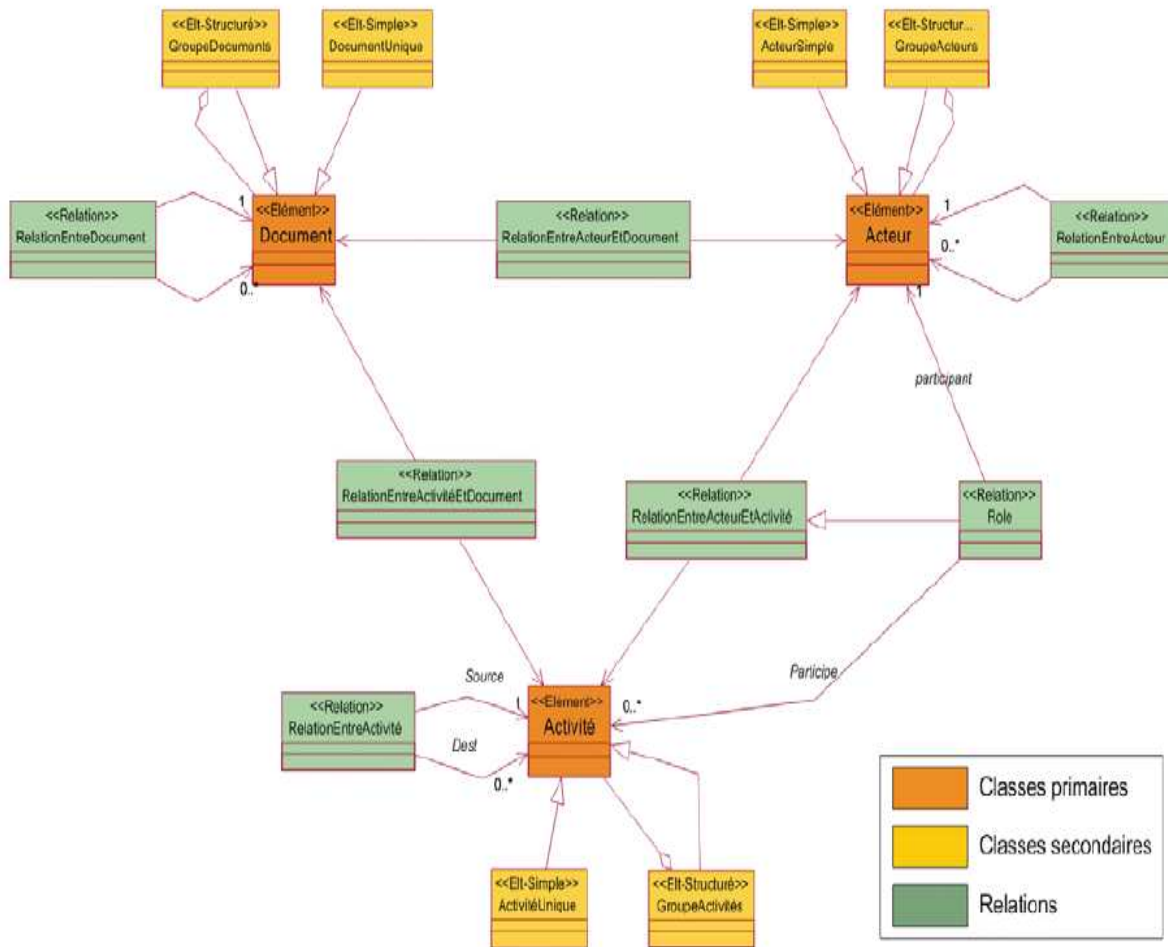


Figure 26 : Les concepts principaux du méta-modèle de coopération orienté 'relations' [Hanser 2003].

Les relations entre les trois entités de base sont donc essentielles dans la proposition de ce méta-modèle relationnel. Une relation est un type de lien existant entre deux éléments du modèle.

- ❖ Les relations entre activités consistent à organiser le déroulement d'un processus. Elles sont donc de l'ordre de la planification,
- ❖ Les relations entre acteurs et activités représentent la manière dont les acteurs sont impliqués dans des activités en fonction de leur rôle.
- ❖ Les relations entre acteurs et documents sont proches de celles qui sont utilisées dans l'édition : Supervise, Produit, Commente, Consulte, Corrige, Diffuse,
- ❖ Les relations entre activités et documents sont relatives à la production d'information : Génère, Utilise,

- ❖ Les relations entre acteurs dépendent de la structure et de la répartition des rôles entre les membres : Dirige, Supervise, Collabore,
- ❖ Les relations entre documents sont liées à la gestion de version,

Damien Hanser dans [Hanser 2003] détaille uniquement la partie correspondant à la relation entre acteur et activité (le rôle) car pour lui elle concerne à une partie cruciale dans la représentation d'une situation interactive.

Le rôle d'un acteur conditionne les actions qu'il lui sera possible d'effectuer dans une activité. Lorsque l'acteur réalise une activité, il peut être nécessaire de retracer les actions qu'il a pu effectué (valider un document par exemple). Ceci constitue une seconde facette du rôle correspondant à la réalisation d'un rôle attribué préalablement à un acteur. Hanser choisi de représenter ces deux concepts par le rôle attribué et le rôle joué afin de retracer les actions réalisées par un acteur dans une activité [Hanser 2003]. Il distingue aussi le rôle organisationnel (la « place » de l'individu dans l'organisation), du rôle opérationnel dans l'activité qui va directement influencer son action (Figure 27).

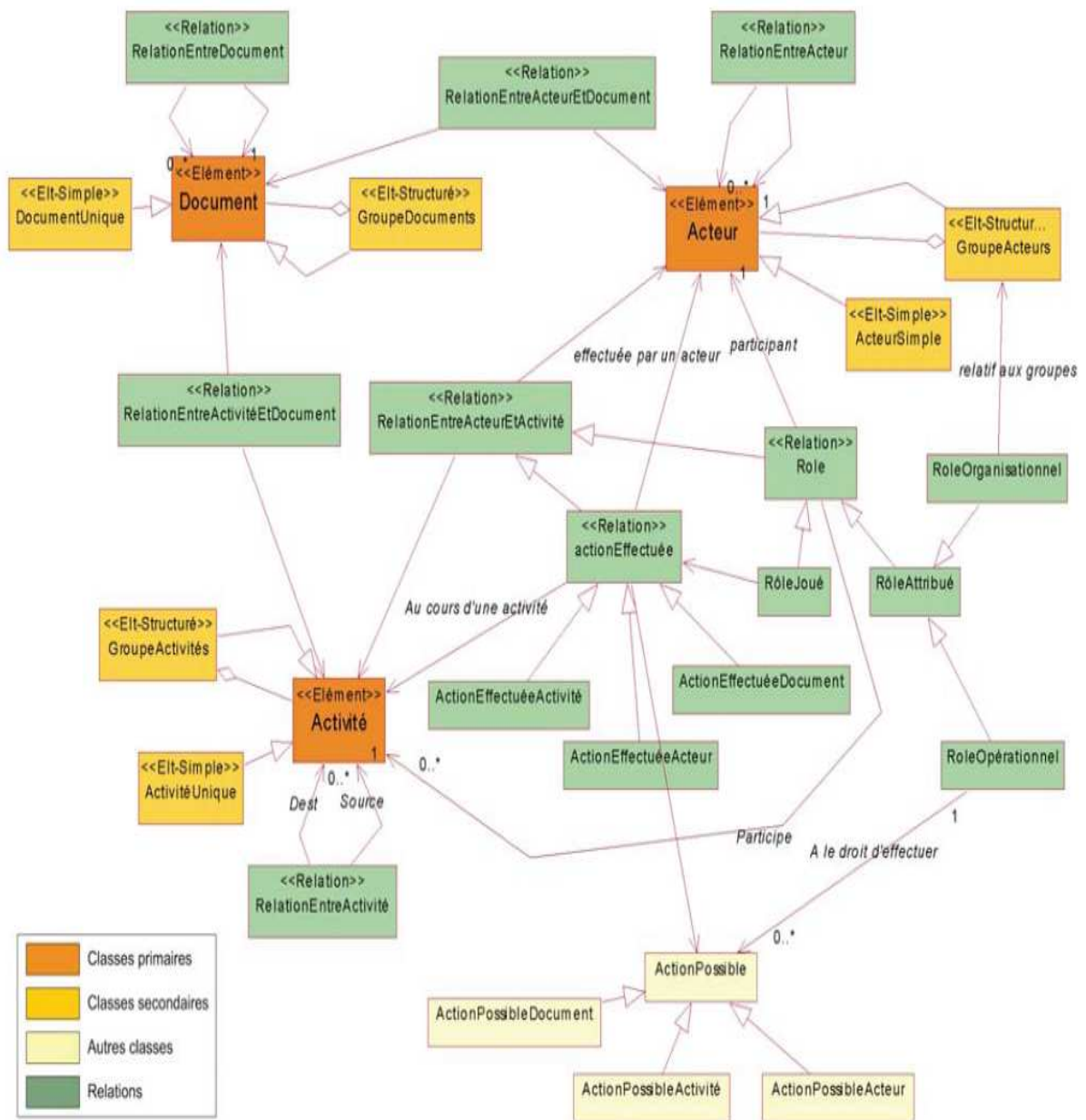


Figure 27 : Vue générale du méta-modèle de coopération [Hanser 2003].

5. UN MODELE D'AUTO-COORDINATION POUR LA SIMULATION COOPERATIVE

Un projet de simulation est caractérisé par sa complexité et son caractère multidisciplinaire. Le modèle que nous aurons conçu doit donc permettre de représenter :

- L'activité collective elle-même et les processus qu'elle met en œuvre,
- L'ensemble des acteurs intervenant,
- le contexte de coopération et le type de coordination qu'il supporte (nous avons choisir une coordination implicite spontané par les acteurs du projet),
- Le contexte du domaine de simulation.

Nous avons vu précédemment que le concept de la coopération entre acteurs a conduit à la proposition des plusieurs méta-modèles de coopération décrivant les entités en jeu dans une activité collective et les relations qu'elles entretiennent. Nous avons choisi de bâtir notre méta-modèle à partir du modèle de Bardram et du méta-modèle du CRAI toute en l'adaptant à nos besoins. Notre choix se justifie par :

- Le modèle de Bardram est centré sur la dynamique du travail collectif. Il souligne le fait que percevoir les changements de niveaux et les pannes apparaissant pendant la coopération sont deux aspects importants dans la compréhension de la dynamique de la coopération,
- Le méta-modèle de CRAI est focalisé sur les activités de conception et nous avons montré que la simulation est une méthode de conception des systèmes de production,
- Il est réalisé selon l'architecture multi-niveaux du MOF,
- Il est inspiré de la théorie de l'activité qui est l'origine du modèle de Bardram.

5.1. UTILISATION DU CONCEPT D'ARTEFACT DANS LE META-MODELE

Les informations échangés au cours d'un projet de simulation sont des natures différents ; Ils peuvent être matériel (des documents, des objets (par exemple : des maquettes)) ou immatériel (des pensées). Ainsi les acteurs du projet pendant leur travail utilisent des outils différents qui leurs permettre de réaliser leurs tâches. Nous utilisons le mot outil pour désigner uniquement des « outils-logiciels ».

Nous proposons de regrouper les « documents », les objets et les « outils » sous une catégorie supérieure que nous nommons « artéfact ». (Figure 28) Au sens de la théorie de l'activité, l'artéfact est le médiateur entre le sujet et « l'objet » (au sens d'objectif de l'activité).

- Les relations entre artéfacts et acteurs consistent à gérer la production, la modification ou l'utilisation de ces artéfacts,
- Les relations entre artéfacts et activités correspondent à la planification de la conception ou de la réalisation d'artéfacts.

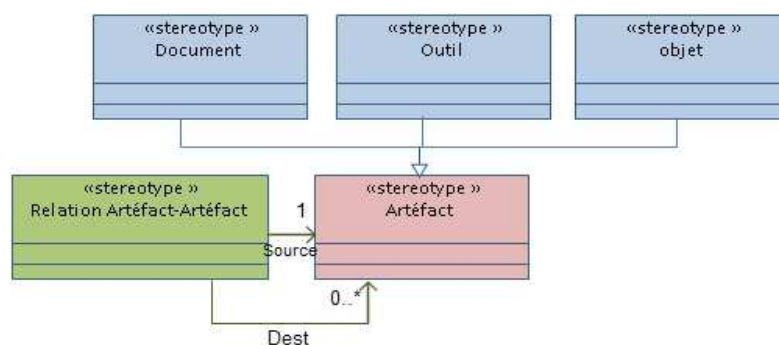


Figure 28: L'artéfact dans le méta-modèle.

5.2. INTRODUCTION DU CONCEPT DE PANNE

Selon Bardram un travail coopératif est lié à la notion de « pannes », donc une panne est un élément essentiel du contexte de coopération. Par conséquent nous l'avons intégré comme un quatrième concept dans le méta-modèle de coopération.

Patrice MOGUEL [Moguel 2010] dans son projet « ALBATROS ¹⁶ » a défini une panne comme « une difficulté ou une contradiction liée à l'activité d'organisation qui pourrait rompre la dynamique de résolution collective du problème si elle se prolongeait dans le temps ».

¹⁶Un environnement informatique support à l'activité d'organisation dans un challenge pédagogique collectif

Dans notre cas, nous définissons une panne comme une difficulté liée à l'activité du groupe qui pourrait rompre la dynamique d'auto-coordination des acteurs si elle se prolongeait dans le temps.

Les pannes doivent être considérées comme des événements naturels et importants de l'activité de coordination. Elles sont repérées par les acteurs du projet qui peuvent :

1. Soit essayer de les résoudre en modifiant ou en améliorant le mécanisme de coordination utilisé,
2. Soit les ignorer en pensant pouvoir continuer le travail malgré elles.

D'autres ne sont pas perçues par le groupe :

1. Soit parce qu'elles ne sont pas interprétées en tant que pannes,
2. Soit parce qu'elles ne sont pas suffisamment visibles dans le cours de l'action.

Exemples de pannes :

- Des problèmes de réflexion sur une stratégie collective générale.
- Des problèmes dans la planification précise de différentes activités des acteurs.
- Des problèmes dans la division du travail.
- Des prises de décisions mauvaise par exemple une répartition des tâches en contradiction avec les connaissances des acteurs du projet,
- Des difficultés dans l'exécution du plan prévu. Par exemple, l'incapacité d'un acteur à réaliser les tâches qui lui ont été affectées dans le temps imparti, le non-respect de l'ordre adopté dans la réalisation des tâches, l'absence de communication des résultats, etc.
- Des difficultés à travailler ensemble. Par exemple, l'absence de synchronisation du travail de chacun, le non-respect des règles de communication ou de partage des outils, etc.

Le type de panne détermine leur façon de réparation. Certaines pannes nécessitent l'intervention du chef du projet pour les résoudre alors que certaines d'autres peuvent être résolues par les acteurs eux-mêmes.

- Les relations entre « pannes » et « acteurs » consistent à gérer la détection, déclaration et la classification des pannes ;
- Les relations entre « pannes » et « activités » sont liée aux solutions de ces pannes. Elles sont proches de celles : à pour, nécessite,
- Les relations entre « pannes » et « artefacts » permettent par exemple de référencer les artefacts qui ont causé les pannes : par exemple une panne est détectée par un acteur liée à un artefact particulier ;
- Les relations entre « pannes » sont proche de celles : engendre, génère ;

Une solution de la panne est une activité simple relative au type de panne initié par un acteur.

La Figure 29 présente le méta-modèle de coordination dans la version que nous proposons. On retrouve les quatre entités essentielles d'un contexte de coopération : l'activité, l'acteur, l'artefact et la panne.

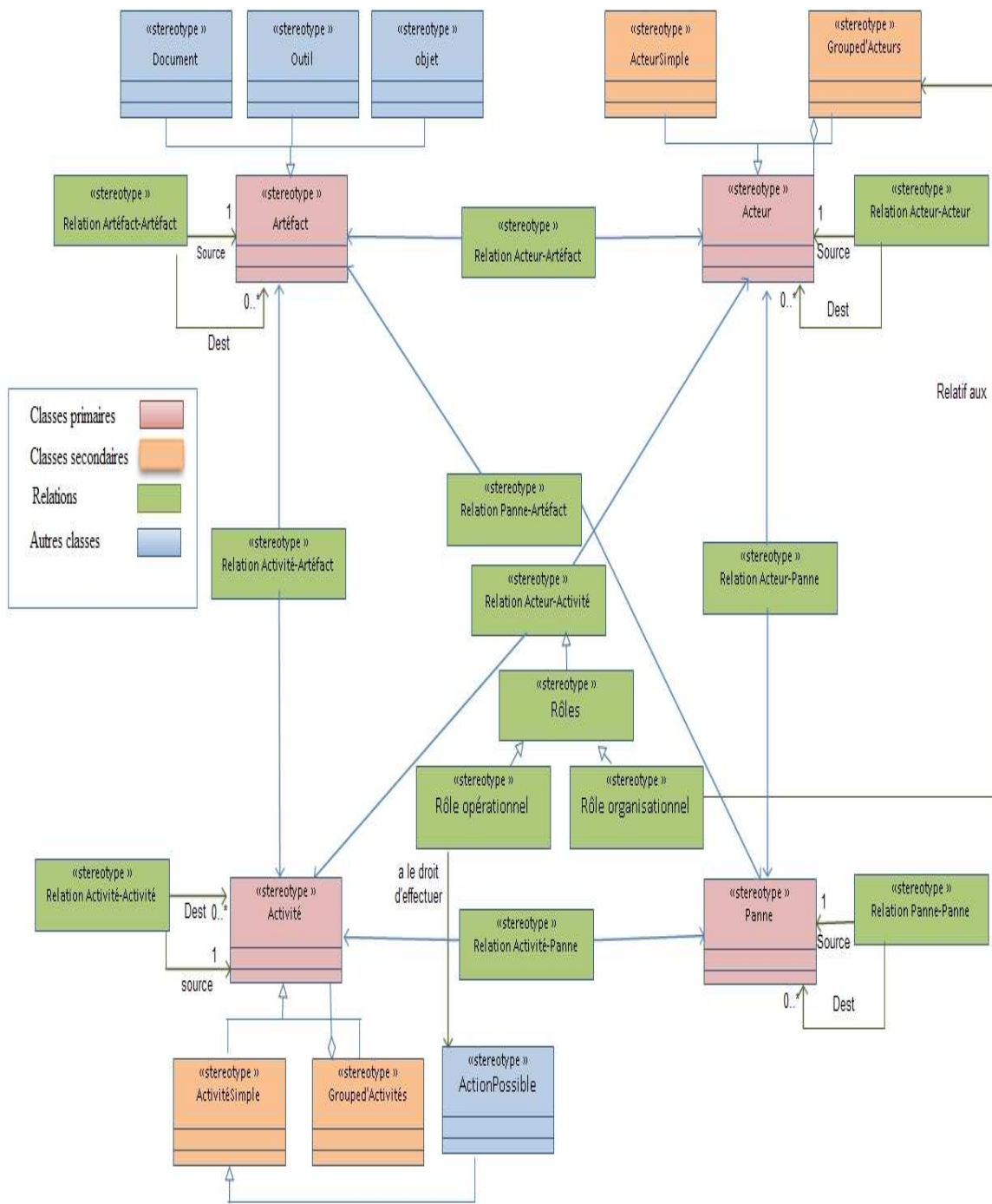


Figure 29 : Le méta-modèle du contexte d'une activité coopérative dans sa nouvelle version.

5.3. APPLICATION DU META-MODELE DE COOPERATION A UN PROJET DE SIMULATION

Pour mieux comprendre l'opérationnalité du méta-modèle (niveau M2 selon la structure en couches proposée par l'OMG.), nous allons maintenant appliquer ce méta-modèle au contexte d'un projet de simulation. Le modèle que nous allons détailler ici (niveau M1) servira de base pour la réalisation d'un collecticiel de simulation permettant de supporter l'auto-coordination. Ce modèle a été développé en se basant sur l'étude d'analyse de besoins d'un collecticiel de simulation [Korichi 2009].

5.3.1. MODELE DES ACTEURS

Dans le cas d'un projet de simulation, les personnes, qui seront les utilisateurs du collecticiel de simulation sont les membres de l'équipe chargée de la réalisation du projet. Ces membres sont issus de plusieurs organisations et réunis à l'occasion d'un projet éphémère, ils ont constitué une entreprise virtuelle. Cette entreprise peut travailler avec d'autre groupe selon le mode de sous-traitance ou de Co-traitance.

Les utilisateurs du collecticiel sont donc soit des individus, soit des collectifs. Les individus sont employés par l'entreprise virtuelle et assumant une fonction dans cette entreprise (directeur, employé ...). L'entreprise est vue comme un utilisateur moral du collecticiel. Sa participation à un projet est matérialisée par un cadre contractuel décrivant les missions et les devoirs assumés par ses membres dans le contexte de ce projet.

Dans le projet chaque acteur fait partie d'un groupe de projet (groupe de maîtrise d'œuvre, etc.) et met ses compétences propres à disposition du groupe. La relation formant cet acteur et le groupe dont il fait partie représente la fonction qu'il occupe dans ce groupe (dirige, collabore ...). La relation entre l'entreprise et le groupe représente les contrats qui existent être entre eux (mandataires, cotraitants, sous-traitants, ...etc.).

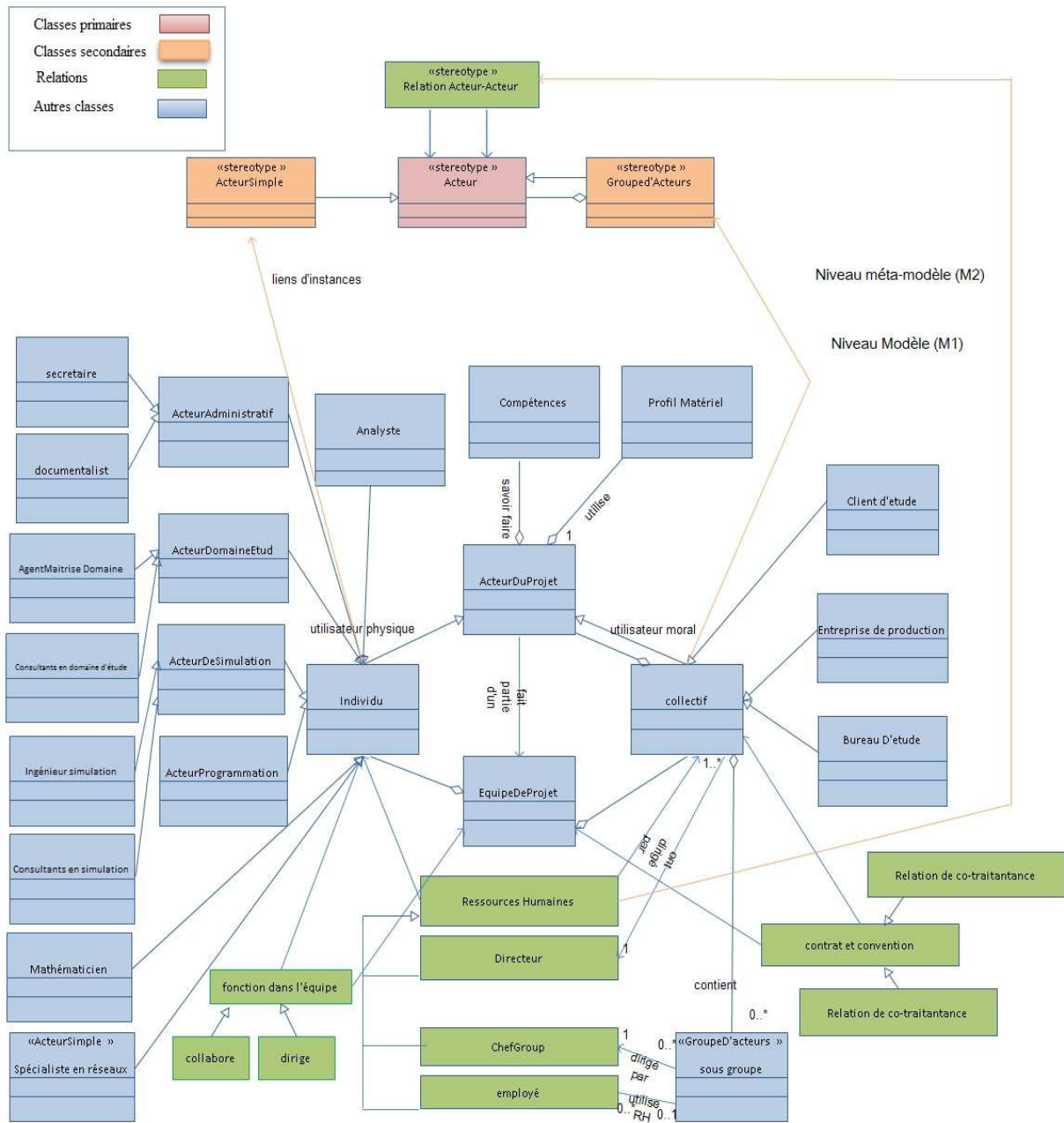


Figure 30: Modèle des acteurs d'un projet de simulation.

5.3.2. MODELE DES ACTIVITES

Un projet de simulation est constitué d'un ensemble d'étapes où chaque étape sera réalisée par un ensemble de tâches. Ainsi, l'étape et la tâche représentent les niveaux d'une activité selon la théorie de l'activité. Le projet et l'étape sont considérés comme des activités explicite et complexe (groupe d'activité) alors que la tâche est une activité simple (elle ne contient aucune autre activité).

Comme notre modèle favorise une coordination implicite (auto-coordination), nous avons privilégié un échange à base de requêtes typées. Une requête est émise par un acteur du projet vers un autre acteur et concerne le plus souvent un artefact (document, outil ou modèle...). Les requêtes demandant une intervention initient une tâche dont le destinataire de la requête sera l'exécutant.

Au plus des huit types de requêtes que nous avons présenté précédemment, nous ajoutons deux autres types : déclaration de panne et suggestion d'une solution.

- **Déclaration de panne** : l'émetteur de la requête informe les autres participants qu'il s'agit d'une panne et attend une suggestion d'une solution qui peut être proposé par le chef du projet ou par les membres eux même.
- **Suggestion d'une solution** : l'émetteur envoie sa proposition et désire savoir si les destinataires ont pris connaissance de l'objet de la requête (cf : accusé réception)

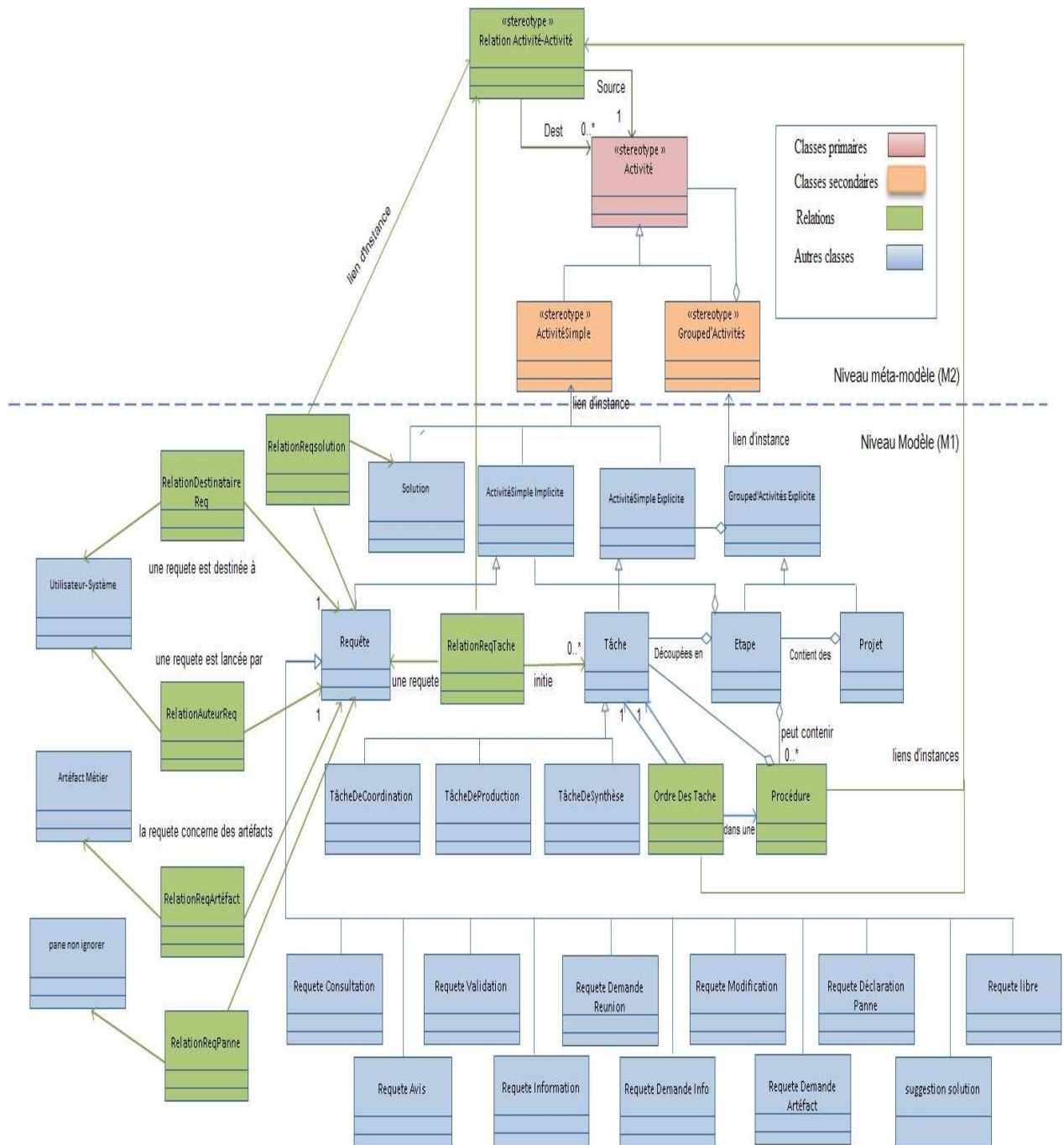


Figure 31 : Modèle des activités.

5.3.3. MODELE DES ARTEFACTS

Les artefacts utilisés au cours d'un projet de simulation peuvent être des documents, des objets (maquettes,..) ou des outils logiciels. Les documents échangés sont des extra-documents (modèles, graphiques,...) ou des inter-documents qui véhiculent l'expérience collective et les connaissances du domaine de simulation. Les contrats font également partie de cette catégorie de documents. Les relations entre documents sont à la fois hiérarchiques (i.e. version, contenance) et transversales (i.e. fait référence, utilise). Les logiciels peuvent être « simple » comme (Microsoft Excel) ou « Groupe d'Outils » (par exemple une plateforme comme Rational Suite dispose de plusieurs outils intégrés).

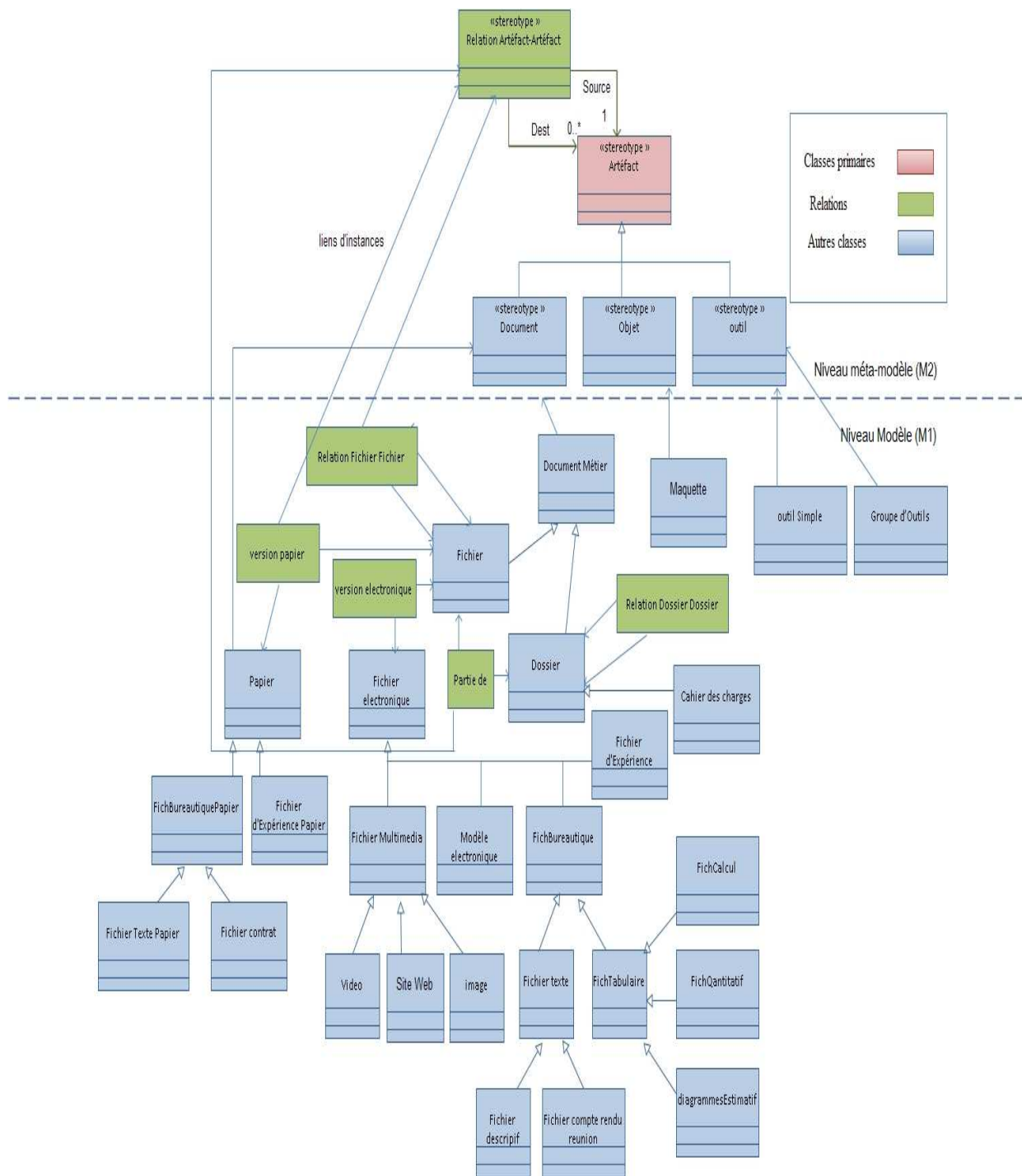


Figure 32 : Modèles des artéfacts.

5.3.4. MODELE DES ROLES

Le rôle matérialise la participation d'un acteur à une activité. Nous distinguons deux types de rôles : les rôles organisationnels et les rôles opérationnels.

L'entreprise passe des contrats avec ces employés et avec d'autres groupes, elle a donc un rôle organisationnel. Les différents acteurs ont des rôles opérationnels qui conditionnent leurs droits d'actions dans chaque activité.

Dans un projet de simulation, nous pouvons identifier un certain nombre de rôles génériques. Ces rôles peuvent être liés au domaine de simulation d'étude ou plus généraux :

- Chef de Projet,
- Donneur d'ordre,
- Membres du projet qualifiés (Modélisation & Simulation, Probabilités & Statistiques, Domaine d'étude et Programmation),
- Experts consultants (Simulation, domaine d'étude, etc. ...),
- Responsable de la session,
- Membres de la session,
- Chef de la réunion,
- Animateur de la réunion,
- Membres de la réunion,
- exécutant,
- évaluateur,
- validateur,
- consolideur et conseiller
- Administrateur système.

Pour chaque activité du projet, chaque individu possède au moins un rôle issu de ces rôles.

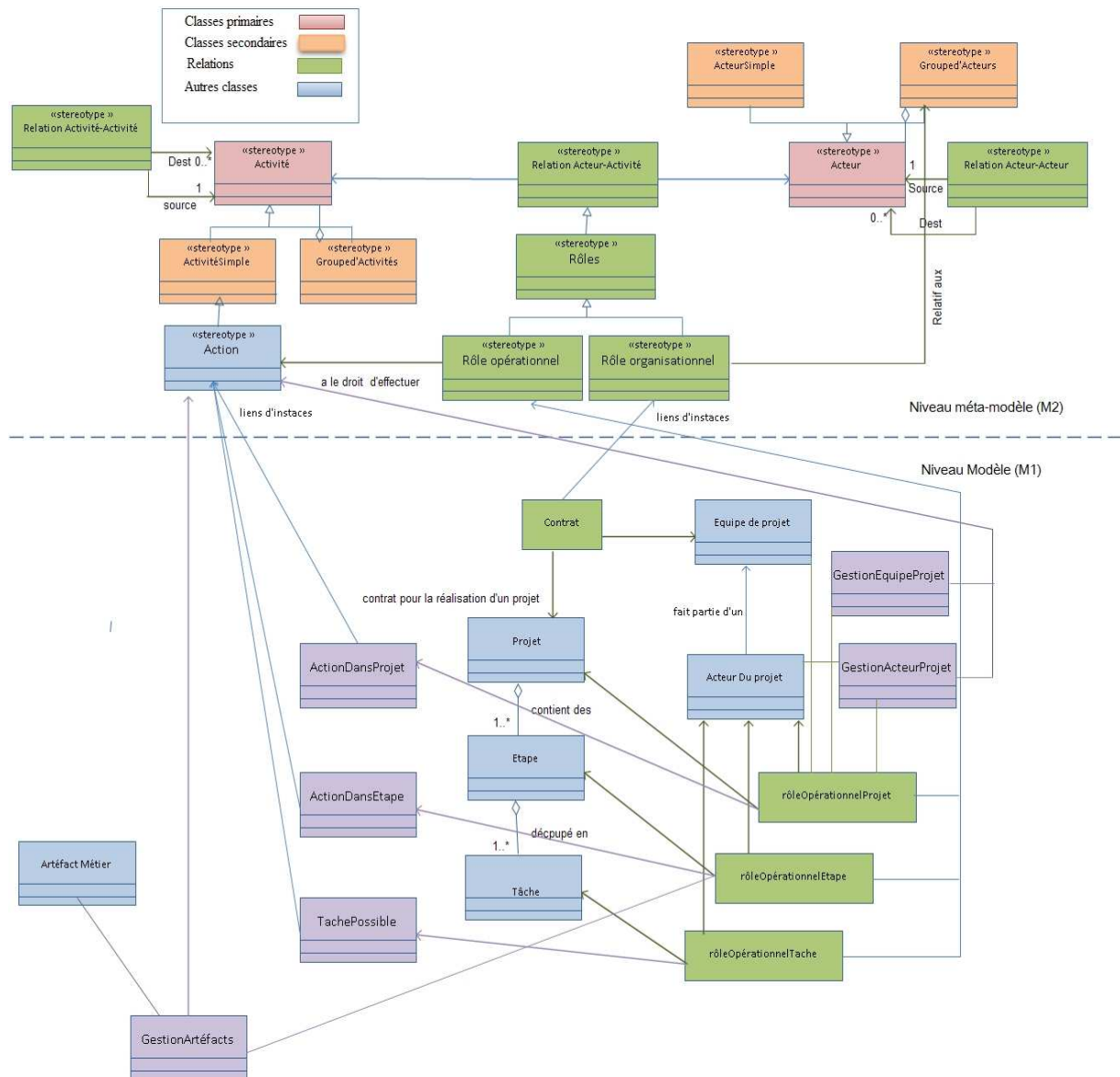


Figure 33: Modèle des rôles dans un projet de simulation.

5.3.5. MODELE DES PANNES

Les pannes sont des événements dynamiques qui peuvent être apparaitre au cours de l'activité de coopération. Elles sont détectées par un ou plusieurs acteurs du projet et énoncées aux autres acteurs à travers des requêtes d'indication des pannes. Certaines d'elles nécessitent l'intervention du chef du projet et certaines d'autres peuvent être résolus par les acteurs aux même, comme elles peuvent être ignoré lorsque les acteurs peuvent continuer le travail malgré elles.

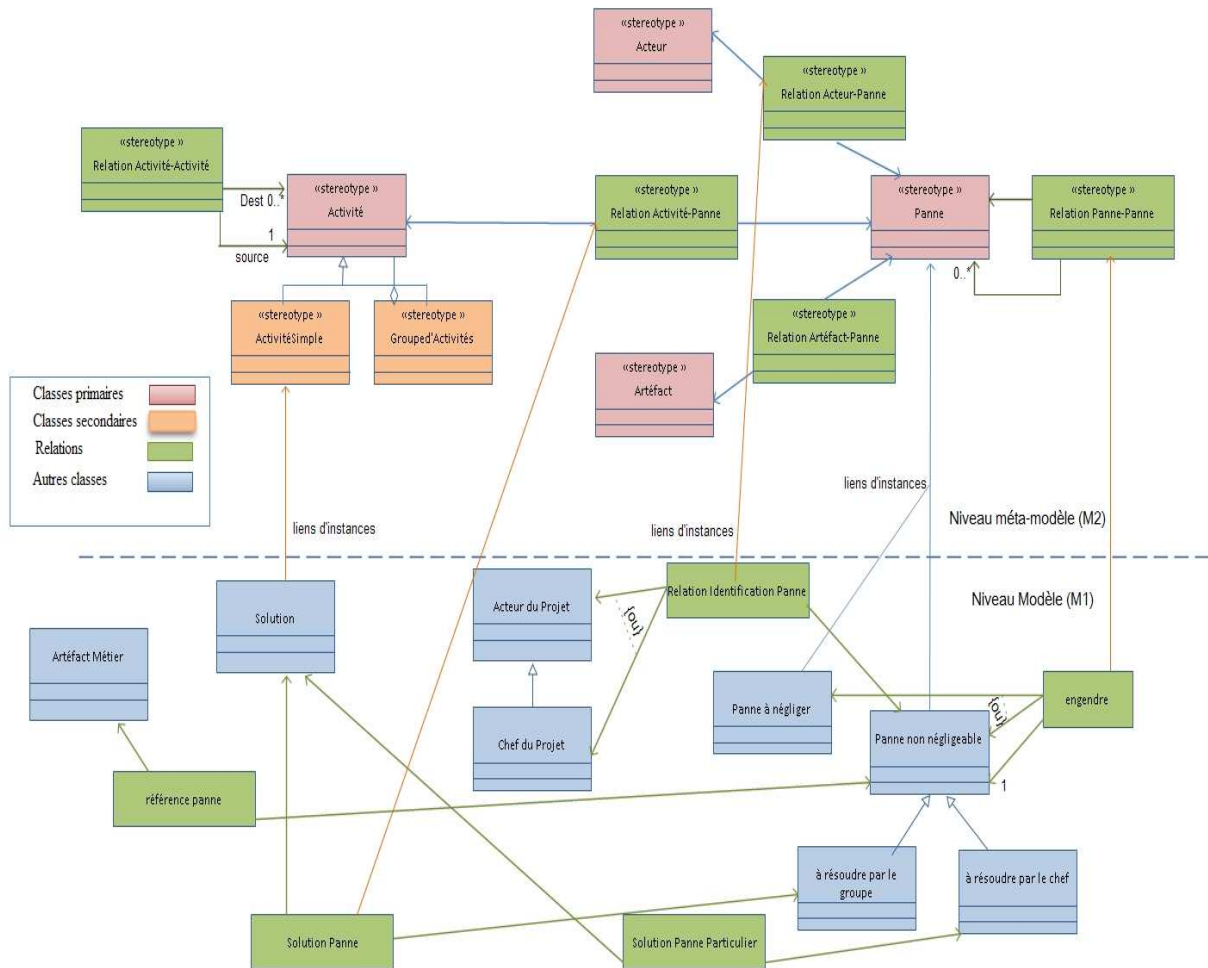


Figure 34: Modèle des pannes.

6. CONCLUSION

Faire coopérer des acteurs dans le cadre d'un projet de simulation n'est pas évident. Il ne suffit pas de les réunir acteurs pour que ceux-ci coopèrent. En effet, des difficultés (conflits de logique, d'intérêts) peuvent perturber le bon déroulement du travail. Il est nécessaire d'utiliser différents mécanismes de coordination.

Dans ce chapitre, nous avons décrit notre proposition d'un méta-modèle d'auto coordination pour un projet de simulation toute en utilisant l'approche par modèle (MDA). Nous avons bâti ce méta-modèle à partir d'un méta-modèle de coopération dans une situation de conception qui est le méta-modèle de CRAI. Nous nous sommes inspirés du modèle de Bardram qui traite l'aspect dynamique d'un travail coopérative.

Le chapitre suivant a pour objectif d'évaluer notre méta-modèle. Il donnera quelques éléments de validation concernant la structuration de l'information dans ce dernier.

Chapitre

5

Vérification et validation

1. INTRODUCTION :

Dans ce chapitre nous allons procéder à l'évaluation du méta-modèle conçu, en premier lieu nous allons vérifier la conformité du méta-modèle par rapport au standard MOF. Cela nous permet de garantir l'interface avec d'autres modèles compatibles. La structure en couches de notre méta-modèle à travers une plateforme de modélisation conforme au MOF sera aussi développée.

La cohérence du modèle est vérifiée par l'étude d'un cas réel à travers une représentation de situations qui existe au cours d'un projet réel de simulation.

Pratiquement la validation consiste à implémenter un collecticiel et faire une série d'expérimentations. Nous avons proposé une architecture fonctionnelle du futur collecticiel.

2. VALIDATION DE LA CONFORMITE DU MODELE

2.1. DESCRIPTION DE LA PLATFOME UTILISEE

Très peu d'outils permettent la modélisation des architectures conformes au MOF [justifier par une référence bibliographique]. La plus part de ces outils sont en cours de développement.

Dans le cadre de notre travail nous avons choisi la plateforme de modélisation ModX, cette plateforme permet une vérification de conformité par "spécifications exécutables". ModX une plateforme de modélisation réflexive, intégrant une implémentation du MOF 1.4. Cette plateforme est le fruit des travaux de recherches menés par l'équipe NOCE du laboratoire Trigone à Lille.

ModX permet d'éditer des méta-modèles conformes au MOF, elle utilise une notation graphique proche de l'UML et propose un schéma de persistance selon le format XMI 1.1. Ce schéma de persistance est complété par des extensions propres à ModX permettant de configurer le modeleur graphique engendré par la plateforme à partir du méta-modèle défini.

L'interface de ModX est simple, elle se compose d'un espace de travail pour l'édition graphique des modèles et des menus pour la gestion de cet espace. Le paramétrage des différents objets saisis est effectué à travers des menus contextuels. Puisque ModX utilise les principes du MOF, il permet donc de générer plusieurs modèles instances à partir d'un méta-modèle source. Par exemple notre méta-modèle permettra de générer divers modèles (niveau M1) correspondant à des cas particuliers de projet qui eux-mêmes pourront servir à décrire de nombreux cas réels (niveau M0). L'apport de cette plateforme est de permettre une vérification des modèles au cours de leur édition.

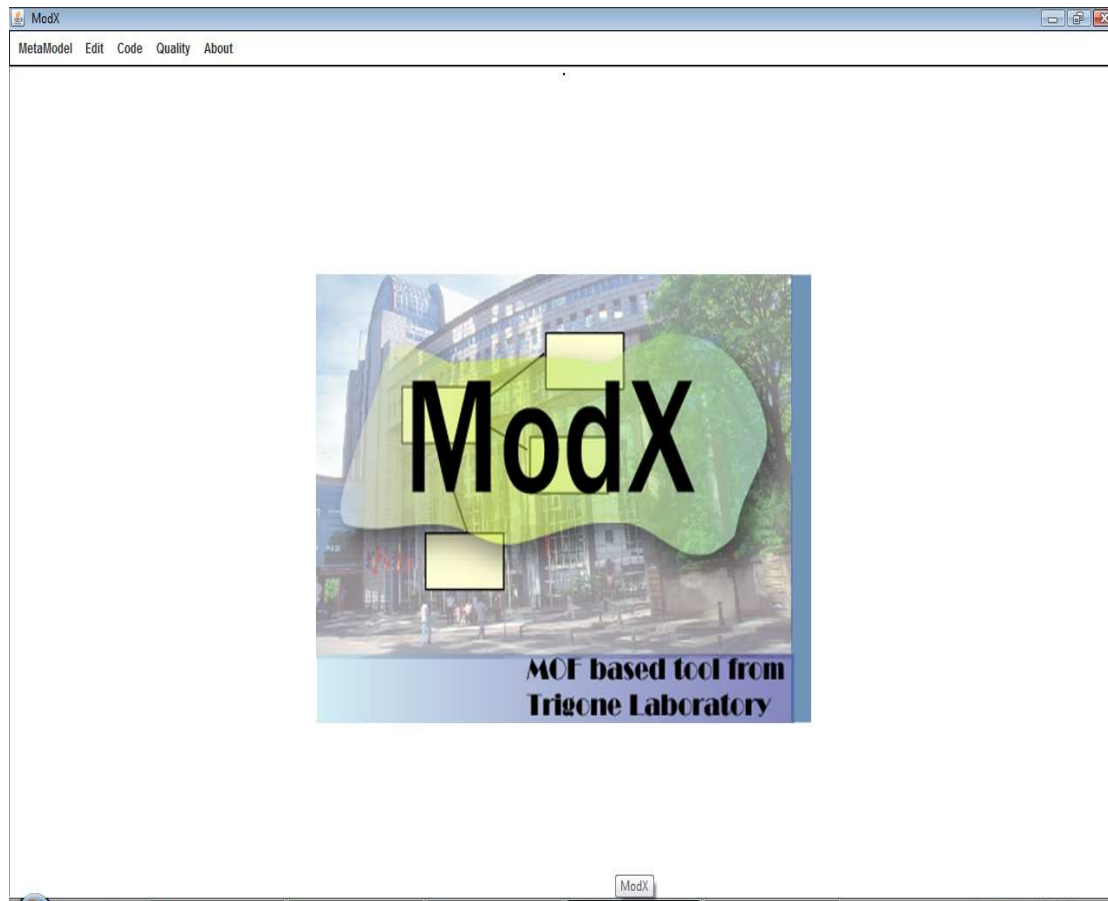


Figure 35 : L'interface graphique du ModX.

2.2. CREATION DU META-MODELE

La saisie se démarre par la création d'un nouveau méta-modèle. L'ajout de classes puis de relations se fait par des menus contextuels. Le paramétrage se fait aussi par ces menus contextuels. (La figure 36).

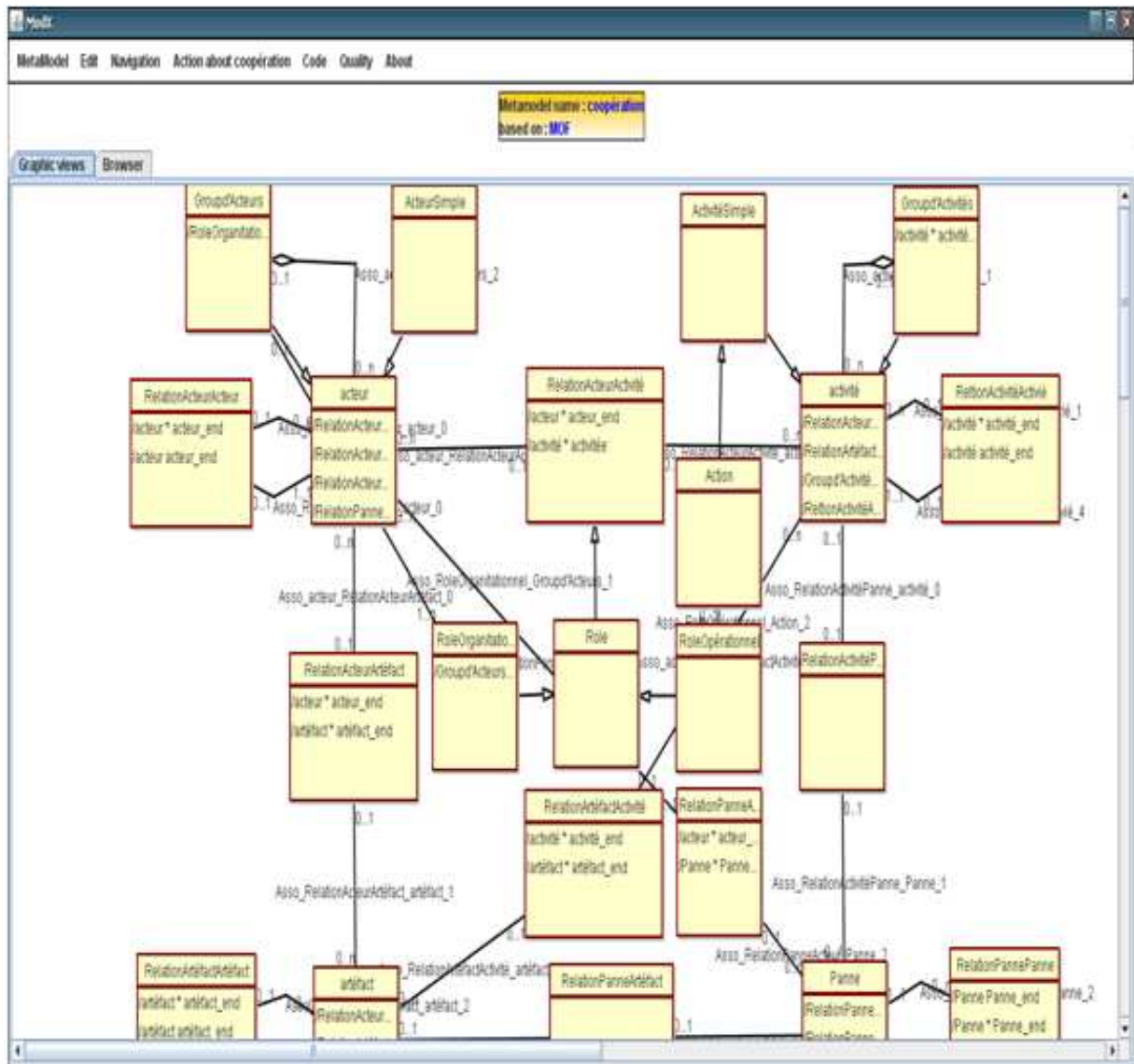


Figure 36: La saisie du méta-modèle sous ModX.

Le fait de saisir notre modèle sur cette plateforme, cela indique qu'il respecte bien les règles du standard MOF.

2.3. CREATION D'UN MODELE (M1)

ModX permet de créer un modèle du niveau M1 comme suit :

Durant la création d'un nouveau modèle, ModX propose un éditeur contenant plusieurs choix correspondants à l'instanciation des classes appartenant au méta-modèle correspondant. (Voir figure 37)

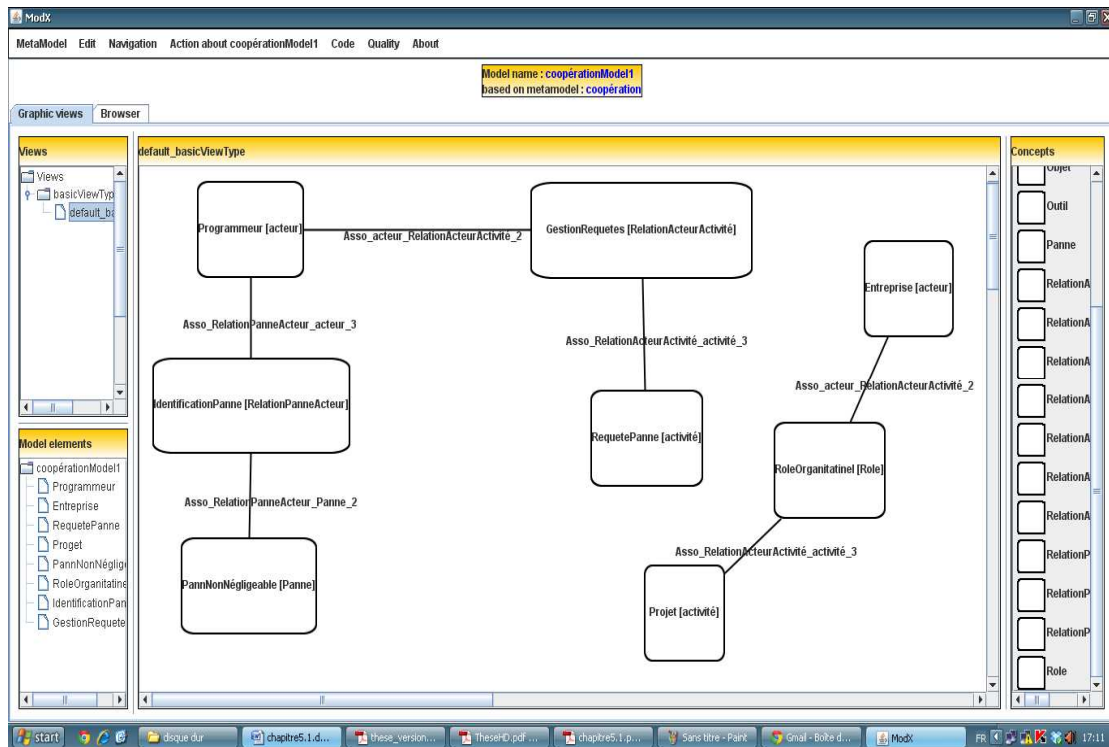


Figure 37 : Saisie du modèle de contexte d'un projet de simulation (M1).

ModX aussi ne permet la création d'associations que lorsqu'ils sont déclarés au niveau (M2). Ceci nous a permis de vérifier que la structure de notre méta-modèle est conforme au modèle MOF.

2.4. SAISIE D'UN MODELE M0

Le modèle M0 représente un cas réel où nous trouvons les différentes instances des acteurs, des entreprises et des documents.

Nous avons vérifié que notre modèle pouvait être saisi dans un outil dédié au MOF, ce qui tend à valider l'architecture en couches de notre modèle.

3. VALIDATION DU MODELE

La validation consiste à s'assurer que le modèle est une représentation fidèle du contexte de coopération, par conséquent notre doit être capable de représenter des situations qui existent au cours d'un projet.

Le projet étudié a pour but de construire un modèle de simulation pour l'évaluation des performances du système de production de cette entreprise.

L'ensemble des acteurs du projet sont :

- Les deux étudiantes qui ont les rôles de la conception du modèle de simulation et de la programmation.
- L'encadreur qui a le rôle de chef du projet.
- Un mathématicien.
- Un ingénieur spécialiste dans la production des gaz.

Pour vérifier que notre modèle contient des éléments suffisants pour exprimer un projet réel, nous avons utilisé les éléments de modélisation UML « collaboration ». Les collaborations sont des interactions entre objets, dont le but est de réaliser un objectif commun.

Nous avons réalisé nos modèles avec le logiciel « Rational Rose » qui permet de tester les modèles par la réalisation de diagrammes de collaboration : lorsqu'un lien est tracé entre deux entités, le logiciel vérifie si le modèle permet de le représenter.

Pour garantir une meilleure lisibilité, nous avons testé et présenté chaque modèle séparément.

3.1. VERIFICATION DU MODELE D'ACTEURS

Nous avons cité précédemment que les acteurs d'un projet de simulation forment une entreprise virtuelle. Dans notre cas l'encadreur représente le directeur de projet et les autres acteurs sont les employés. L'entreprise-projet a une relation de co-traitante avec l'entreprise ENGI. La figure 38 montre une représentation du modèle des acteurs de projet, leurs profils matériels et leurs savoir-faire. La figure 39 représente l'élément de collaboration associé à ce modèle.

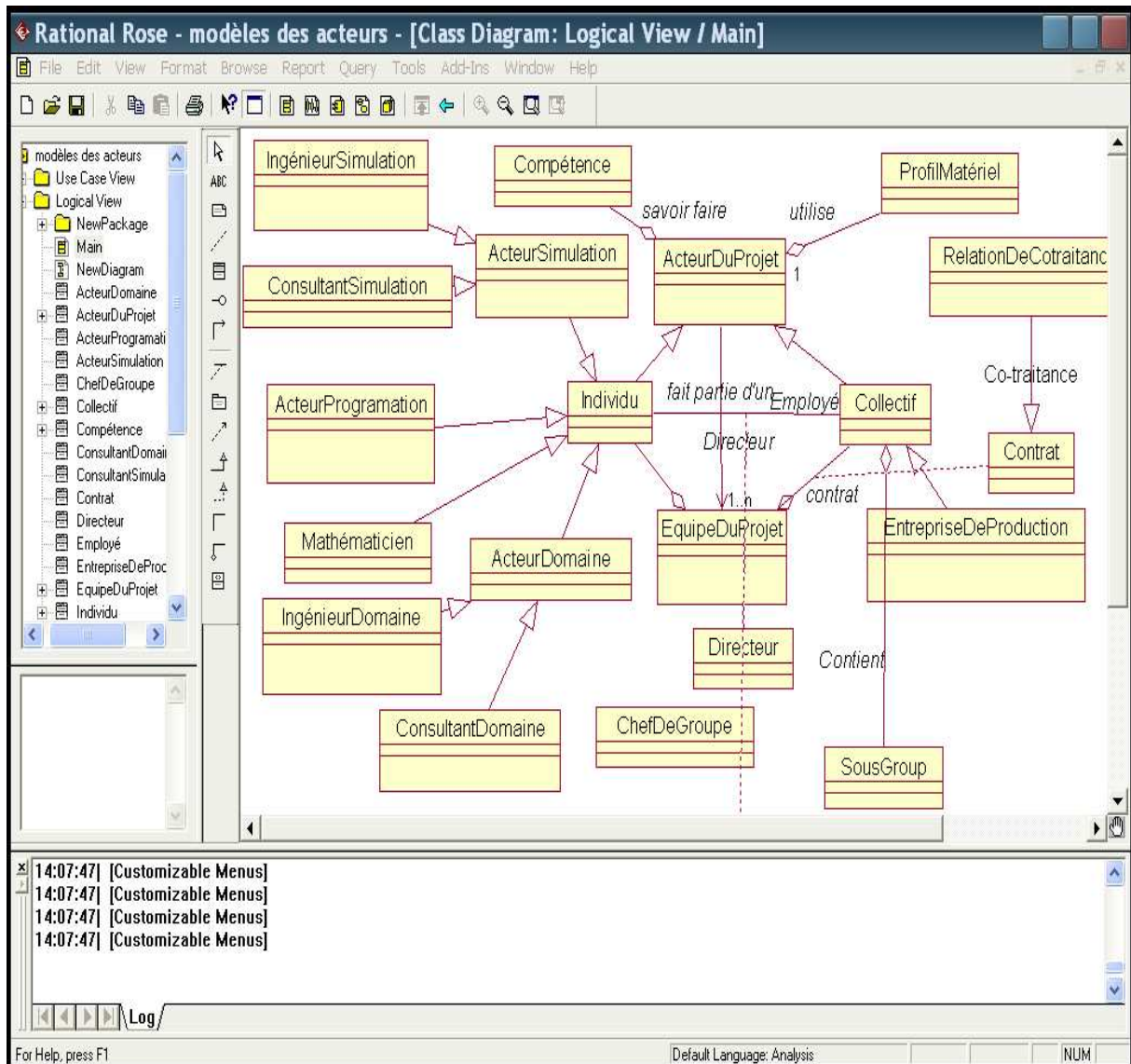


Figure 38: Le modèle des acteurs sous « Rational Rose »

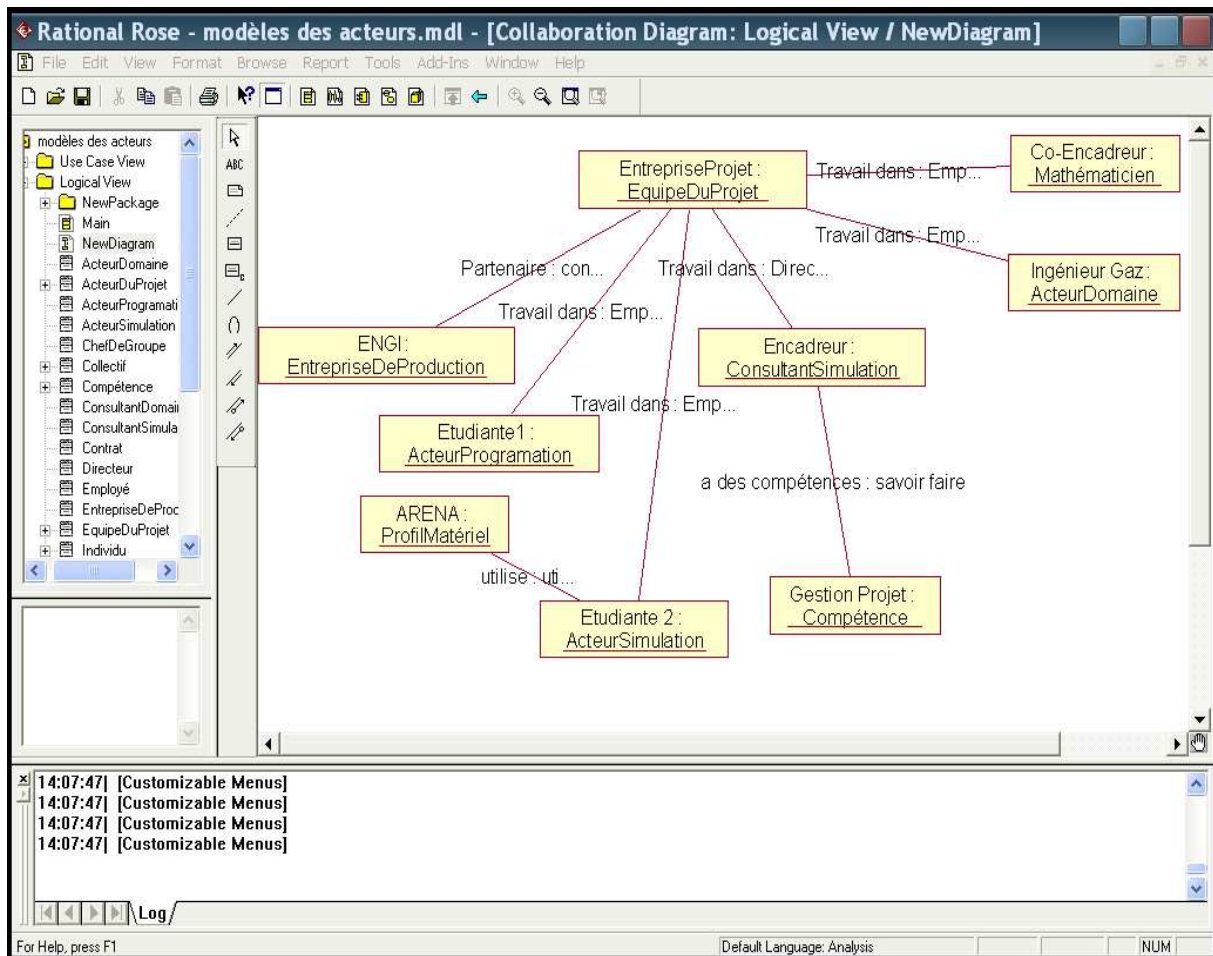


Figure 39 : diagramme de collaboration associé au diagramme de classe.

Nous constatons que le modèle a permis de représenter les différents acteurs du projet, les relations entre eux, leurs compétences est les outils qu'ils utilisent. Ceci permettra à chaque acteur de connaître bien les profils des autres.

Par exemple lorsqu'un acteur veut envoyer une requête de consultation d'un document, avant d'envoyer cette requête, il peut connaître au préalable si le destinataire à des compétences suffisantes pour répondre.

Cette caractéristique peut n'a aucune influence dans notre cas car le nombre d'acteurs est petit et ils se connaissent bien mais dans les projets importants, elle a un avantage considérable.

3.2. REPRESENTATION DES ACTIVITES

Le projet réalisé est décomposé en trois grandes étapes menées de façon collective : Analyse du problème, construction de la simulation et l'exploitation de la simulation. Chaque étape comporte plusieurs tâches. La figure 40 montre les étapes du projet avec ses différentes tâches.

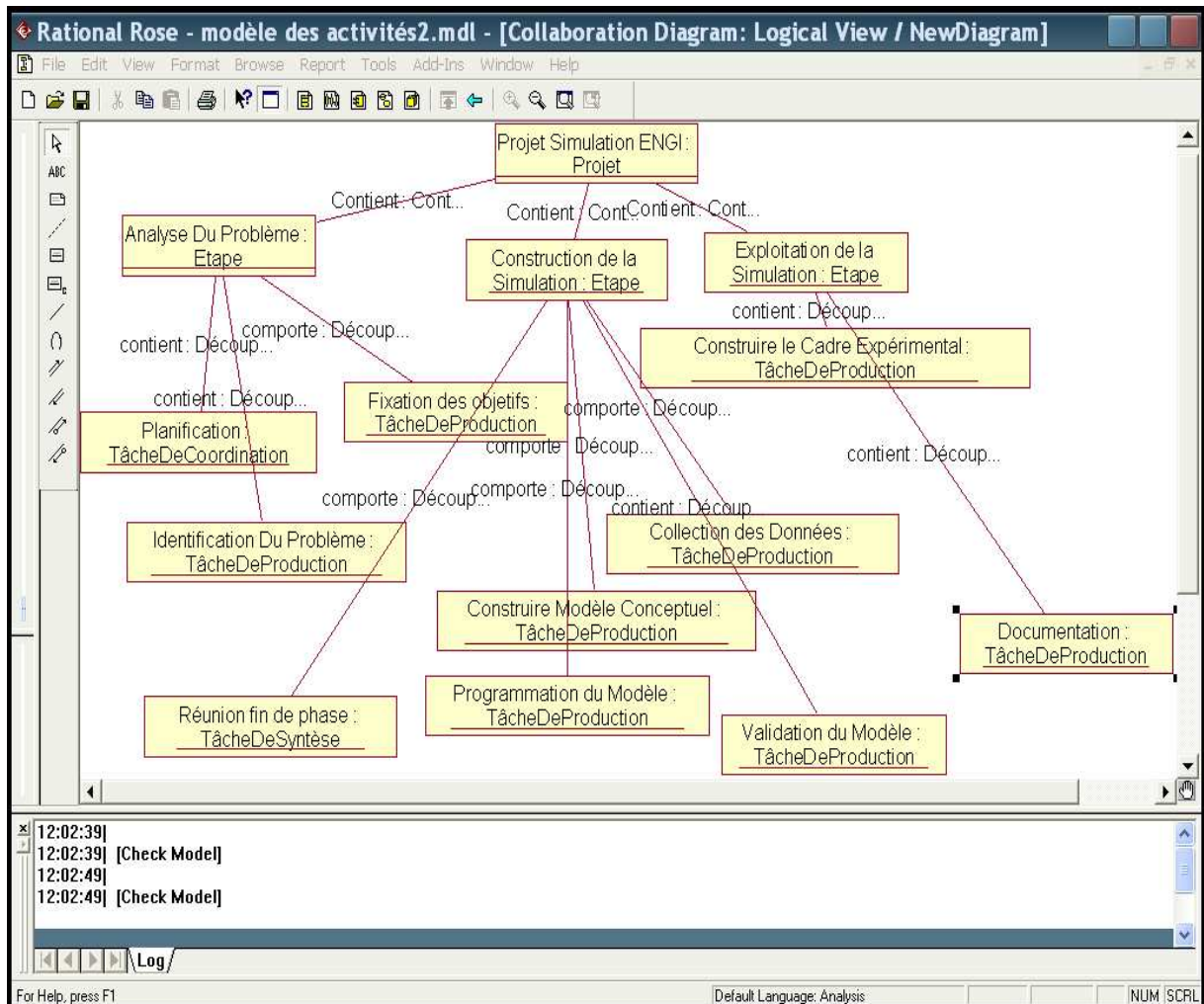


Figure 40: Représentation des activités du projet.

La figure 41 montre une requête de déclaration de panne envoyée par l'une des étudiantes vers son encadreur et la suggestion de solution par ce dernier.

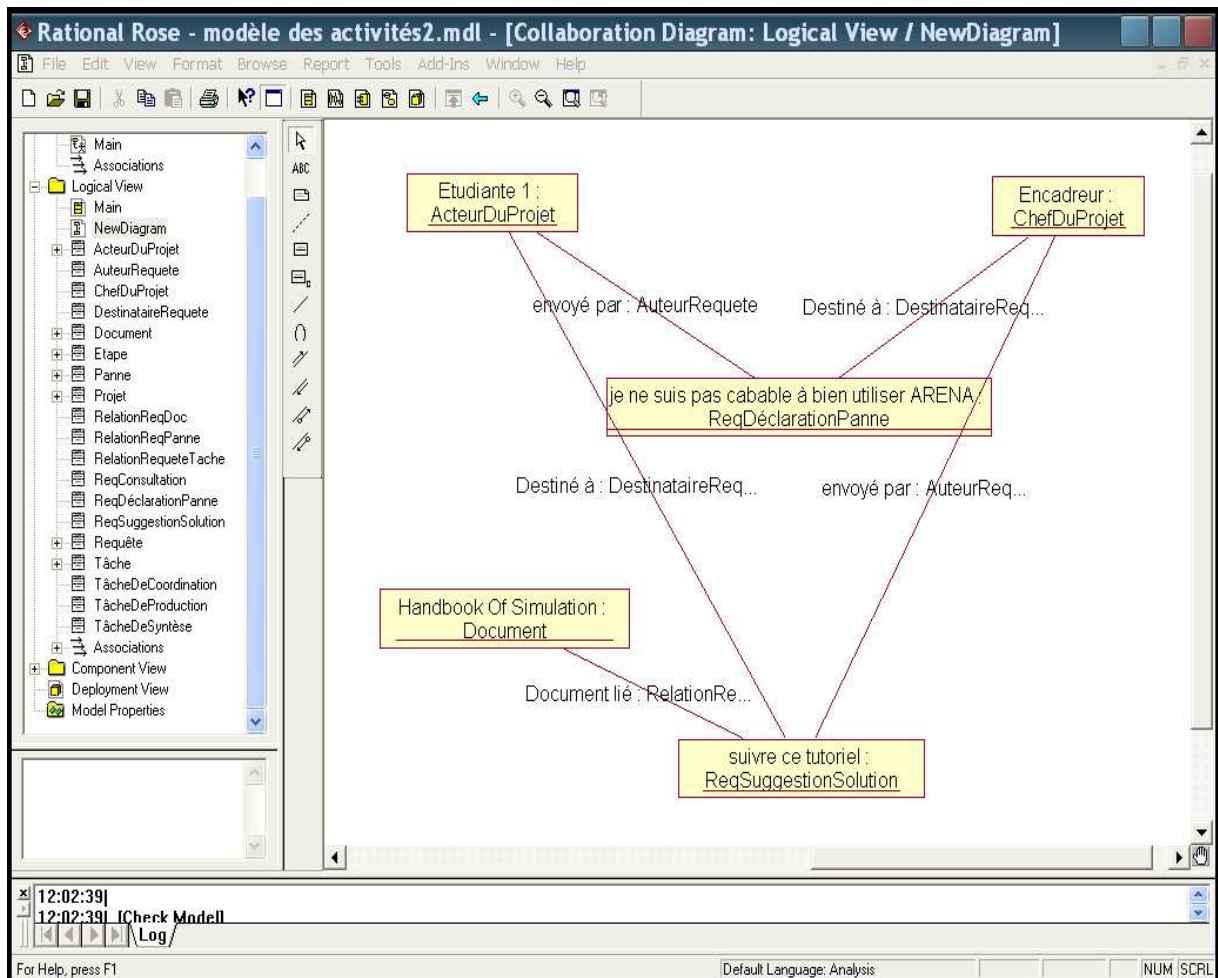


Figure 41 : Représentation des requêtes.

3.3. REPRESENTATION DES ROLES

Dans le modèle des rôles nous avons distingué deux types de rôles : le rôle organisationnel et le rôle opérationnel. Le rôle organisationnel représente le cadre contractuel du projet et le rôle opérationnel conditionne les actions d'un acteur dans une activité.

Dans notre exemple l'encadreur avec le Co-encadreur et les deux étudiantes représente l'équipe de maître d'œuvre et l'ingénieur du domaine et l'entreprise ENGI représente l'équipe de maître d'ouvrage.

Nous avons pris comme exemple l'étape de la construction de la simulation pour représenter les différents rôles :

- L'encadreur est le responsable de la phase, il a aussi le rôle de consultant de la simulation.
- L'ingénieur a le rôle de consultant du domaine.
- L'étudiante 1 s'occupe à la programmation
- L'étudiante 2 se consacre à la modélisation
- Le Co-encadreur est l'expert mathématicien.

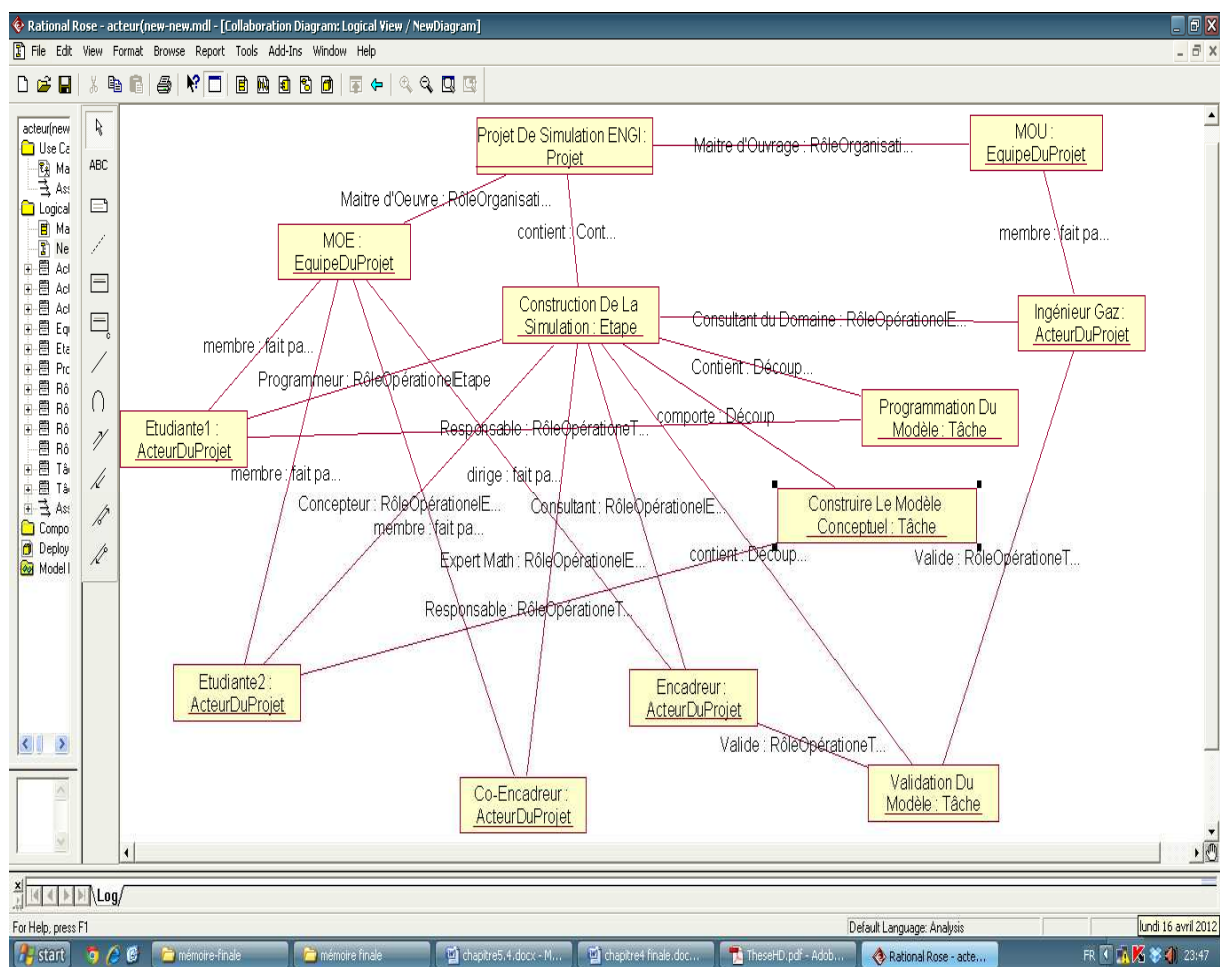


Figure 42 : Représentation des rôles dans l'étape de construction de la simulation.

3.4. REPRESENTATION DES ARTEFACTS

Au cours du projet, les acteurs ont échangé, utilisé et partagé différents types d'artéfacts. Les deux étudiantes ont utilisé l'outil Rockwell ARENA pour modéliser et programmer leur modèle.

Les documents échangé et partagé étaient de plusieurs natures : des références (fichier d'expérience), des images, des vidéos (tutoriaux), des feuilles de calcul, des textes (descriptif, contrat) et des modèles ARENA.

Le modèle permet de représenter les différents relations dégagés dans le projet : relations de contenance (partie de) entre les documents, de référence (fait référence) et de version, ainsi que les relations entre les documents, les outils et les objets.

La figure 43 montre les relations qui lient quelques artéfacts produits et utilisé au cours de la phase de la construction de la simulation.

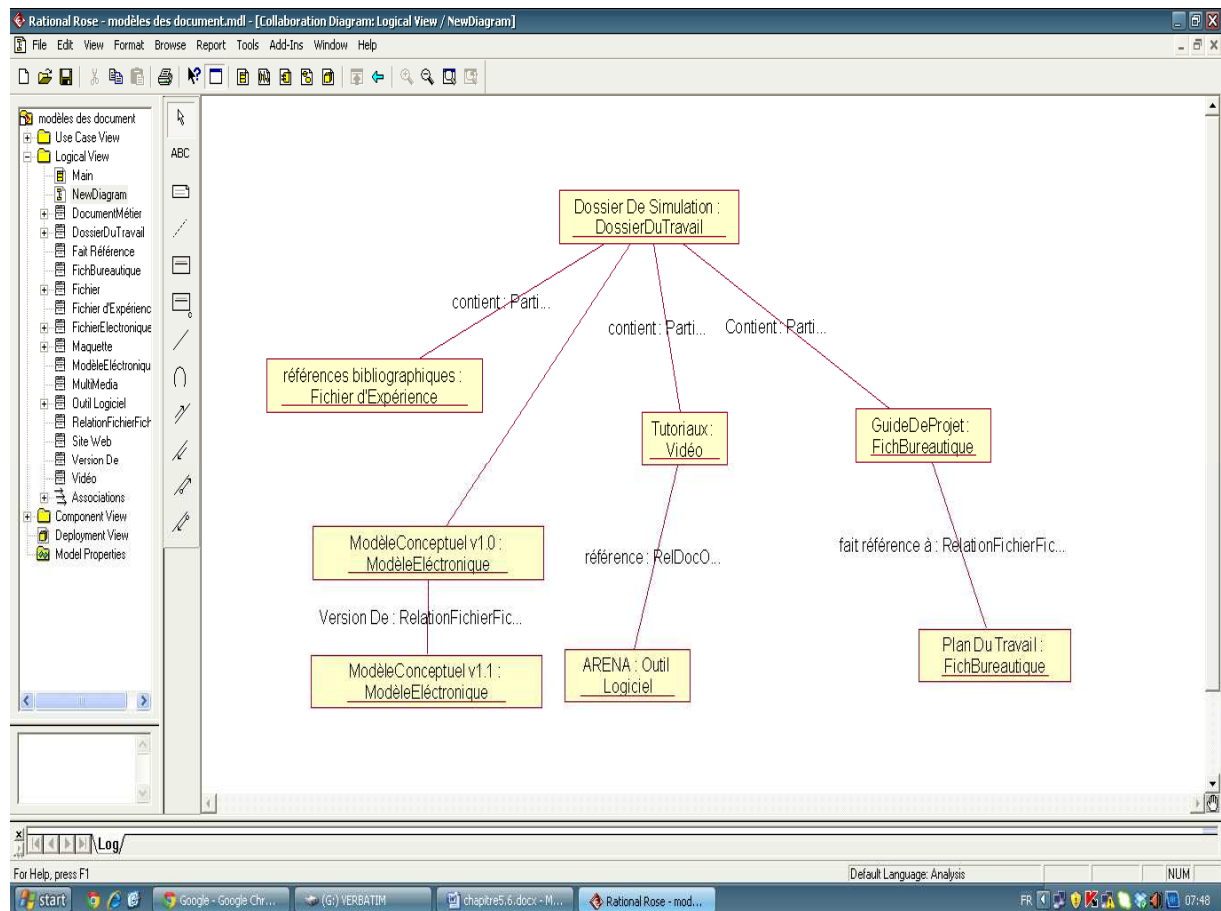


Figure 43: Représentation des artéfacts.

3.5. REPRESENTATION DES PANNES

Au cours du projet, différents pannes ont été remarqué. Ces pannes étaient à cause de la mal compréhension du système étudié au début et à la mauvaise maitrise d'outil (ARENA). Les figures 44 et 45 montrent des exemples de quelques pannes rencontrées et de leurs solutions.

Le modèle permet de représenter les pannes, les solutions, les acteurs intervenant et les différentes relations entre ces éléments.

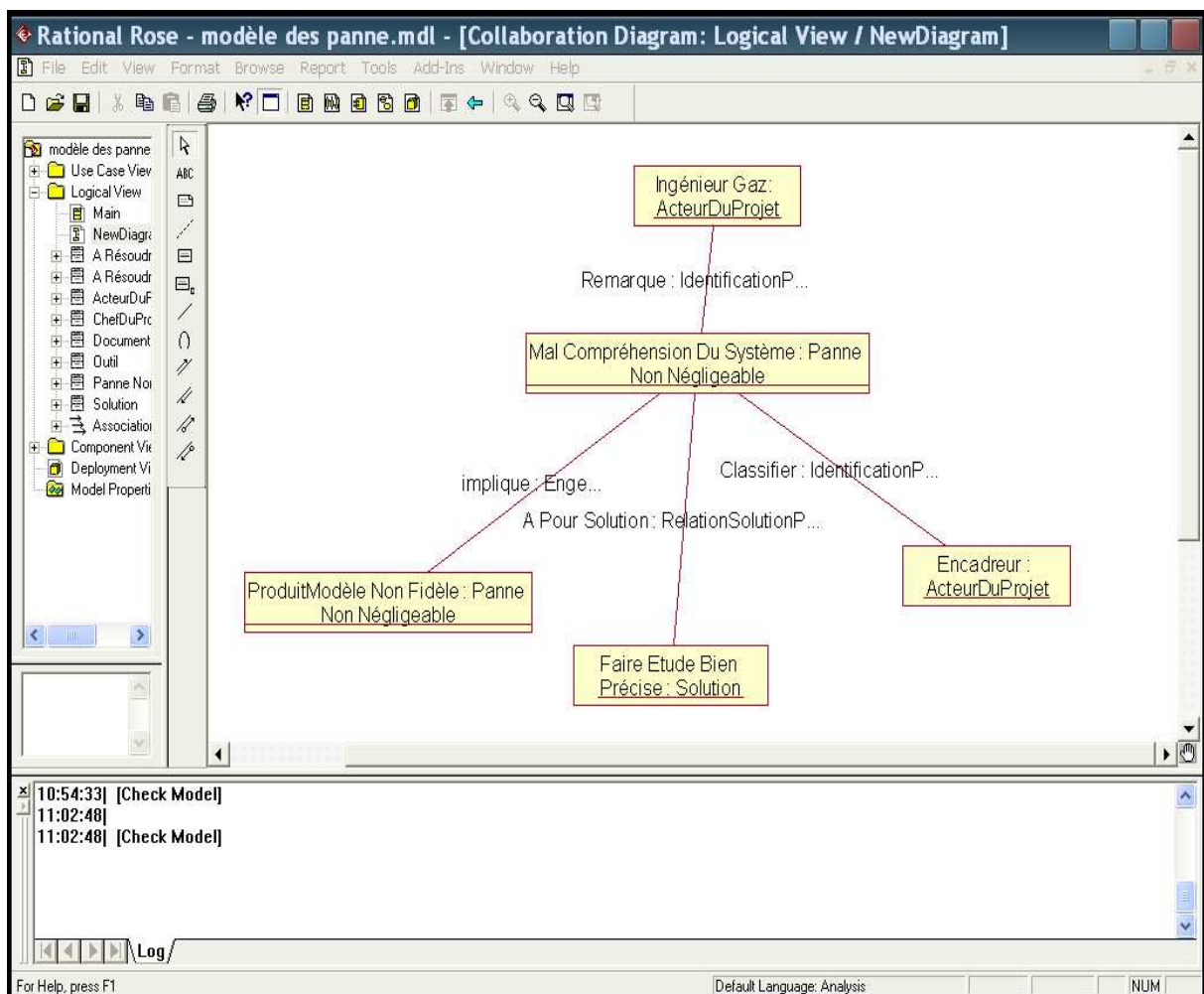


Figure 44 : Représentation des pannes (exemple1).

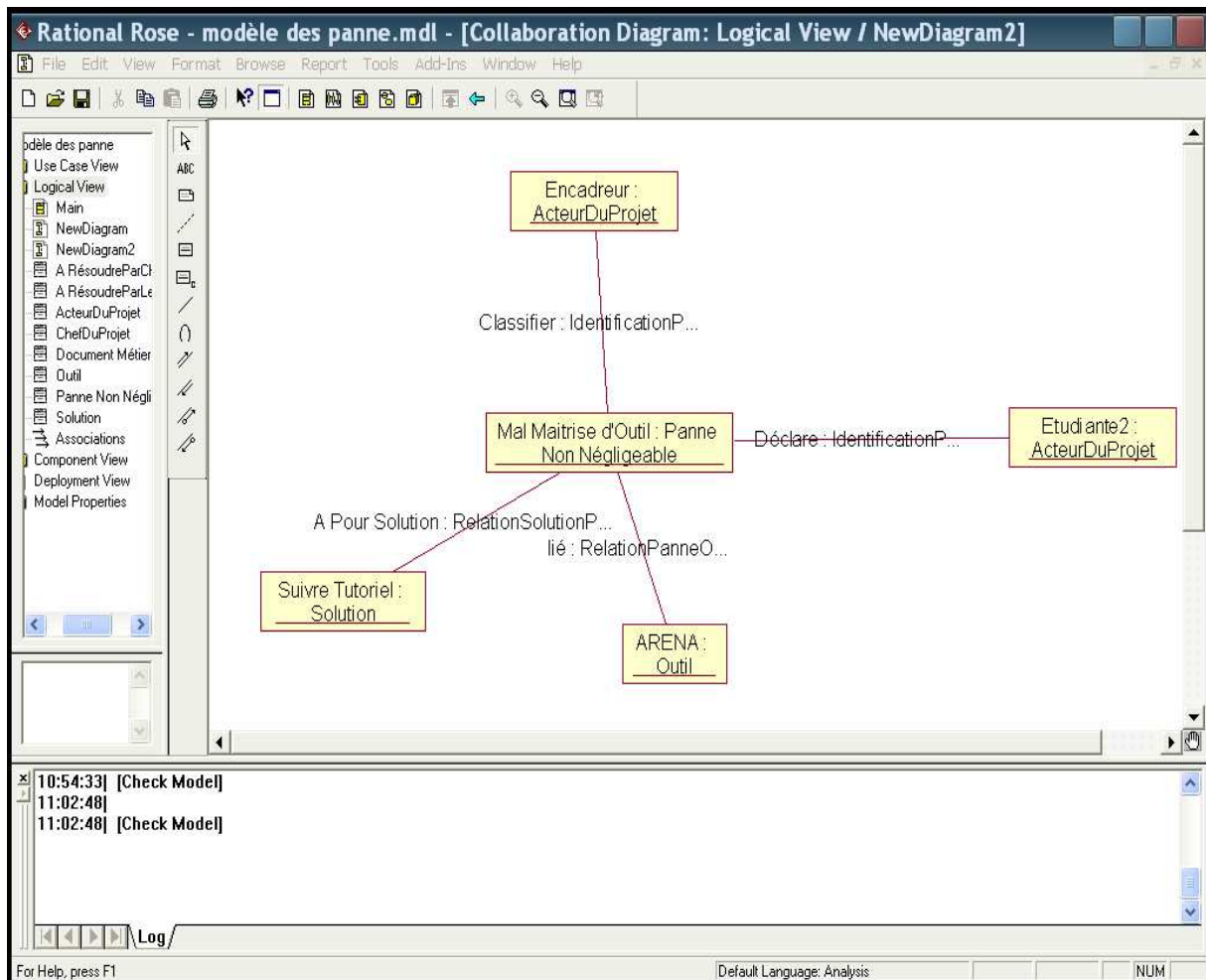


Figure 45 : Représentation des pannes (exemple2).

4. ARCHITECTURE FONCTIONNELLE DU COLLECTICIEL

4.1. LES CAS D'UTILISATION

Les cas d'utilisation sont utiles pour donner une vision globale du comportement fonctionnel de notre collecticiel. Ainsi les différents acteurs et leurs interactions avec le système sont identifiés (Figure 46). Les utilisateurs de collecticiels de simulations sont les membres chargés à la réalisation du projet (voir chapitre 4 : modèle des acteurs). Pour notre collecticiel nous pouvons identifier les cas d'utilisations suivants :

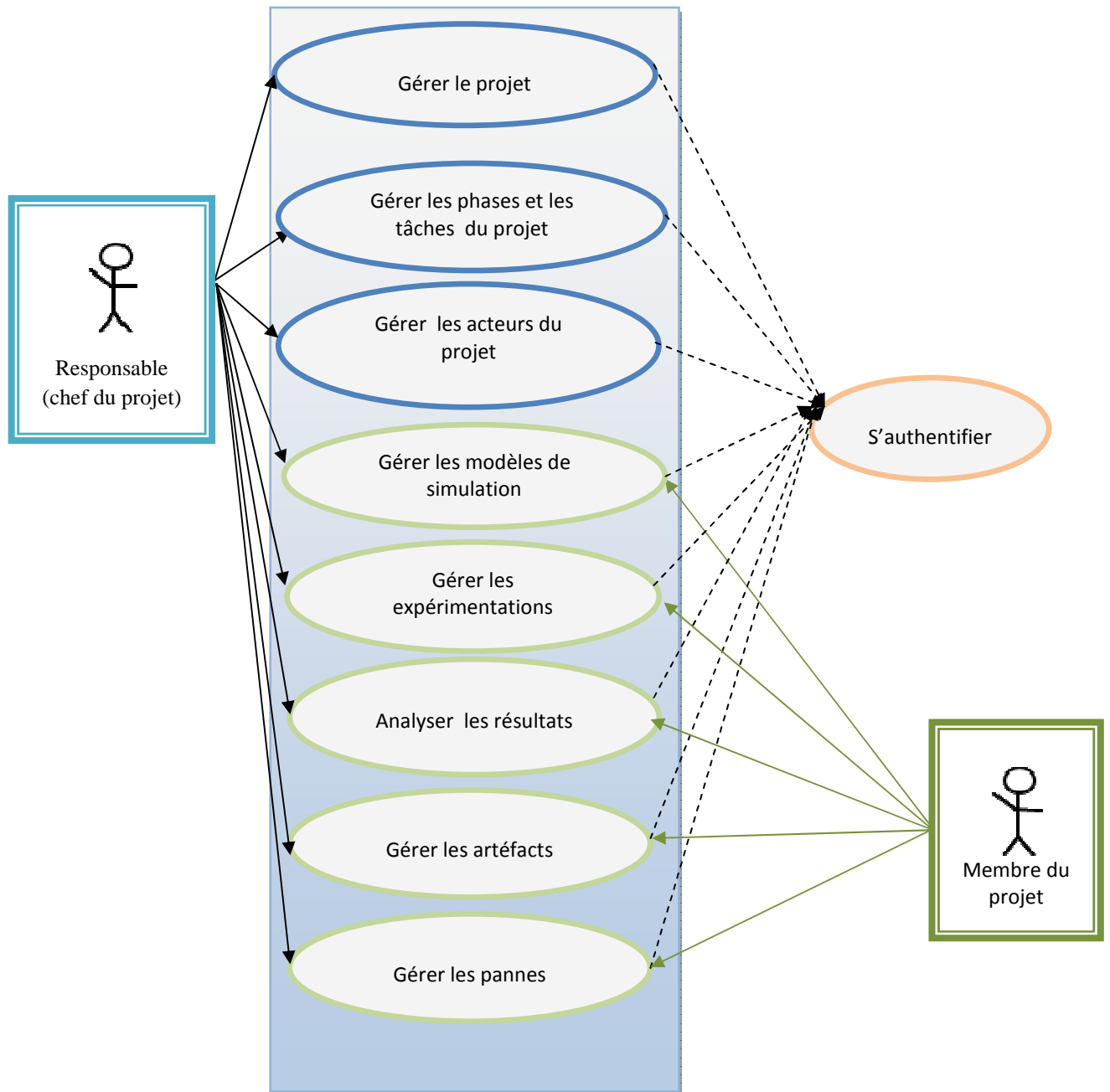


Figure 46 : Diagramme de cas d'utilisation du collecticiel de simulation.

- Le collecticiel doit permettre la création de nouveaux projets ainsi que la modification des projets existants. Cette interaction avec le système correspond au cas d'utilisation « Gérer le projet ».
- Une fois le projet a été créé, le responsable peut créer les différentes phases et tâches du projet, comme il peut les modifier avec le cas d'utilisation « Gérer les phases et les tâches du projet ».
- Le collecticiel doit offrir des fonctionnalités de gestion des utilisateurs, attributions des rôles qui conditionnent leurs droits d'actions. c'est le cas d'utilisation « Gérer les acteurs du projet » qui matérialise ces fonctionnalités.
- Pour assurer la coopération et la communication par les objets partagés, le collecticiel doit offrir des fonctionnalités de création, partage et manipulation de documents.

Les principaux cas d'utilisation sont : « Gérer les modèles de simulation » « Gérer les expérimentations » « Analyser les résultats » qui représentent l'objectif du collecticiel qui est la simulation coopérante.

- Le cas d'utilisation « Gérer les modèles de simulation » permet aux membres de créer coopérativement les modèles ou travailler sur un modèle existant.
- Même chose pour « Gérer les expérimentations » que la gestion des modèles. Les utilisateurs doivent pouvoir créer une nouvelle expérimentation comme ils peuvent rejoindre une expérimentation à laquelle ils ont été invités.
- Le collecticiel doit permettre d'analyser les résultats des simulations et les afficher sous différents formats (histogrammes, courbes, cercles...). Cette interaction correspond au cas d'utilisation « Analyser les résultats ».
- Afin de supporter la dynamique du travail coopérative, le collecticiel doit permettre aux utilisateurs de gérer les différentes pannes qui peuvent apparaître durant leur travail.

4.2. ARCHITECTURE DU COLLECTICIEL

L'architecture du collecticiel est illustrée sur la figure 47. Elle comporte les couches suivantes :

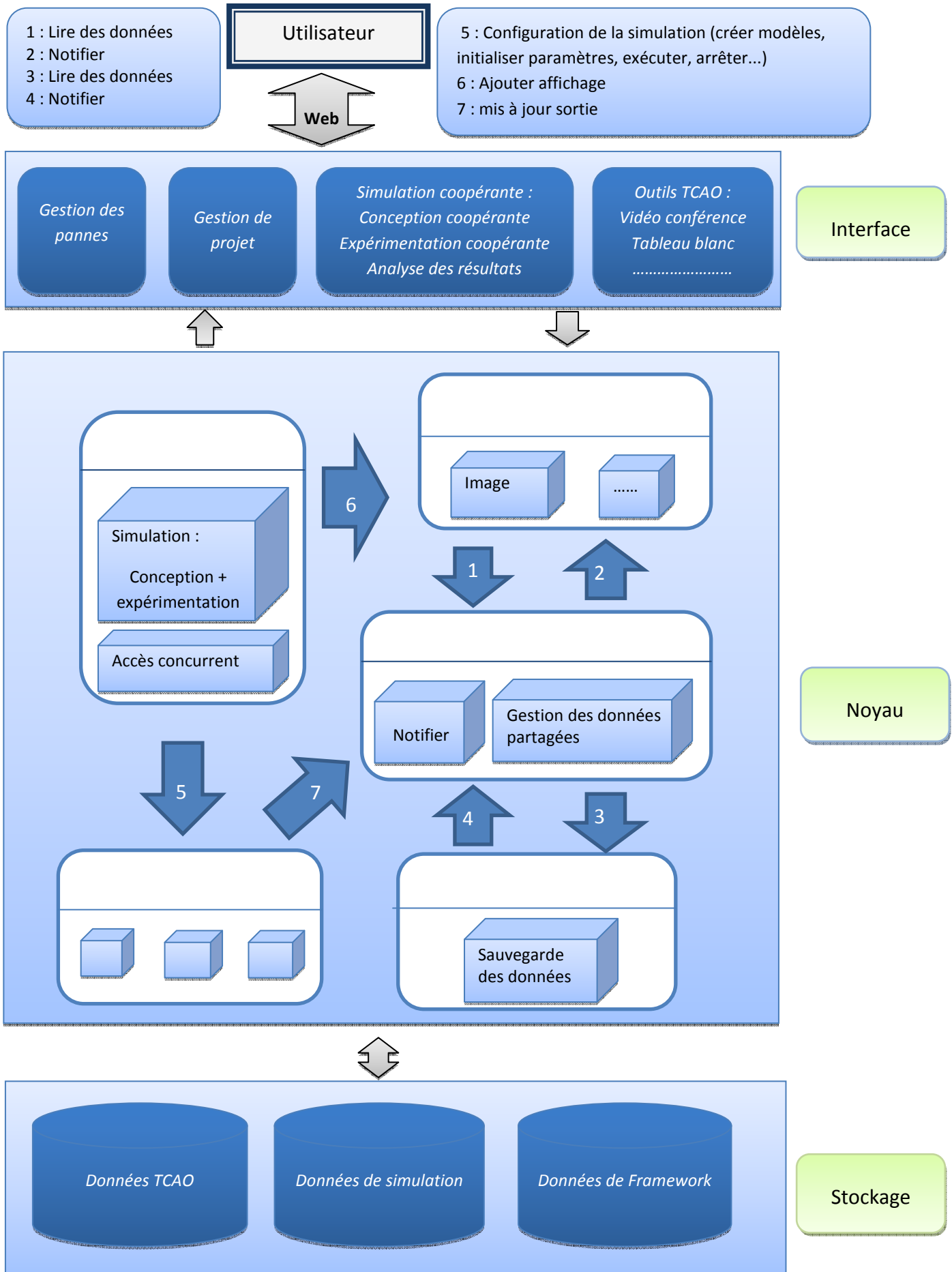


Figure 47 : Architecture Fonctionnelle du collecticiel.

a) La couche interface

Cette couche représente l'interface entre les utilisateurs et le collecticiel. Elle regroupe les pages HTML et les Applets Java transmises aux navigateurs de ces derniers. L'interface se compose des modules suivants :

Outils TCAO : Ce composant contient des outils tel que la vidéo conférence, le forum, le wiki, la messagerie instantanée. . .

La simulation coopérante : Ce composant crée une interface coopérative où les utilisateurs peuvent exécuter à distance des simulateurs, partager et contrôler ces mêmes simulateurs. Ainsi, les utilisateurs peuvent modifier les paramètres, déterminer et afficher les résultats ensemble.

Gestion du projet : Ce composant n'apparaît qu'au responsable (chef du projet). Il permet au responsable de gérer le projet (créer des projets avec ses phases et tâches, créer les groupes et gérer les rôles et les droits d'accès.

Gestion des pannes : ce module permet :

- Diffusion des requêtes
- Déclenchement d'actions selon la nature de la panne (Réunion...etc.)
- Actualisation de l'état du système (réattribuer les rôles)

b) La couche métier

Cette couche représente le noyau du collecticiel. Il se compose des modules suivants :

- **Module plateformes de simulation** : Ce module exécute les simulateurs stockées dans une base de données, produit des données et les envoie vers le module Sorties.
- **Module sorties** : ce module rassemble et met en forme les résultats de simulation provenant du module plateformes de simulation afin de partager ces données avec les autres modules du système. Puis ces données sont formatées pour être affichées dans l'interface utilisateur et/ou stockées dans la base de données. Même choses pour les données de framework (information des utilisateurs, rôles, permission).

- **Le module Affichage** : formate les données partagées afin de générer et gérer l’affichage des utilisateurs.
- **Le module sauvegarde** : enregistre dans une base de données l’ensemble des résultats de simulation, les données de projets ainsi que les données des utilisateurs (commentaires des forums, documents des utilisateurs,...).
- **Le module Contrôleurs** : permet le contrôle des simulateurs (exécuter, et voir le résultat) ainsi que la gestion de concurrence.

c) *La couche de stockage*

Cette couche est constituée par les bases de données assurant le stockage physique des données :

1. Base de données de Framework : cette base de données sera conçue en se rapprochant le plus possible du modèle que nous avons défini. Les tables créés permettent de stocker l’information contenue dans notre modèle et de décrire les situations que nous rencontrons dans le domaine de la simulation.
2. Base de données de simulation : stocke les différents modèles de simulation, les paramètres d’expérimentations, les résultats, ... etc.
3. Base de données TCAO : stocke les données de forums, les vidéo, les images,.....etc.

4.3. DEPLOIEMENT DU COLLECTICIEL

Le collecticiel proposé peut être considéré comme un conteneur dans lequel les simulateurs sont chargés, connectés des bases de données, exécutés par des serveurs dédiés et gérés via une interface Web (voir figure 48).

Le collecticiel sera basé sur des technologies issues du domaine des systèmes distribués. Il est constitué :

- Un serveur d’applications Web qui renferme les pages JSP, Ajax et les Servlet permettant la gestion de l’interface coopérative.
- Un serveur d’applications Entreprise Java Bean (Jonas) pour exécuter des simulateurs, pour gérer des expérimentations, des entrées, des sorties et de coopération.

- Des bases de données (MySQL) pour stocker les modèles, les expérimentations, les données de Framework,...etc.
- Un outil TCAO qui apporte des fonctionnalités coopératives.

L'utilisation d'Entreprise Java Beans (EJB) est une technique qui permet à un collecticiel d'être flexible, modulaire et améliorable. Chaque module du Framework est composé de plusieurs EJB. Tous les EJB d'un même module sont utilisés à travers une interface métier unique (déterminée pour le module).

Les interactions entre les composantes du Framework seront assurées par des messages JMS et des appels distants de méthodes (RMI). Divers configurations de déploiement peuvent être proposées et utilisées, par exemple : un serveur pour gérer l'interface web, l'affichage, les sorties, des modules d'enregistrement, et plusieurs serveurs à exécuter des simulateurs.

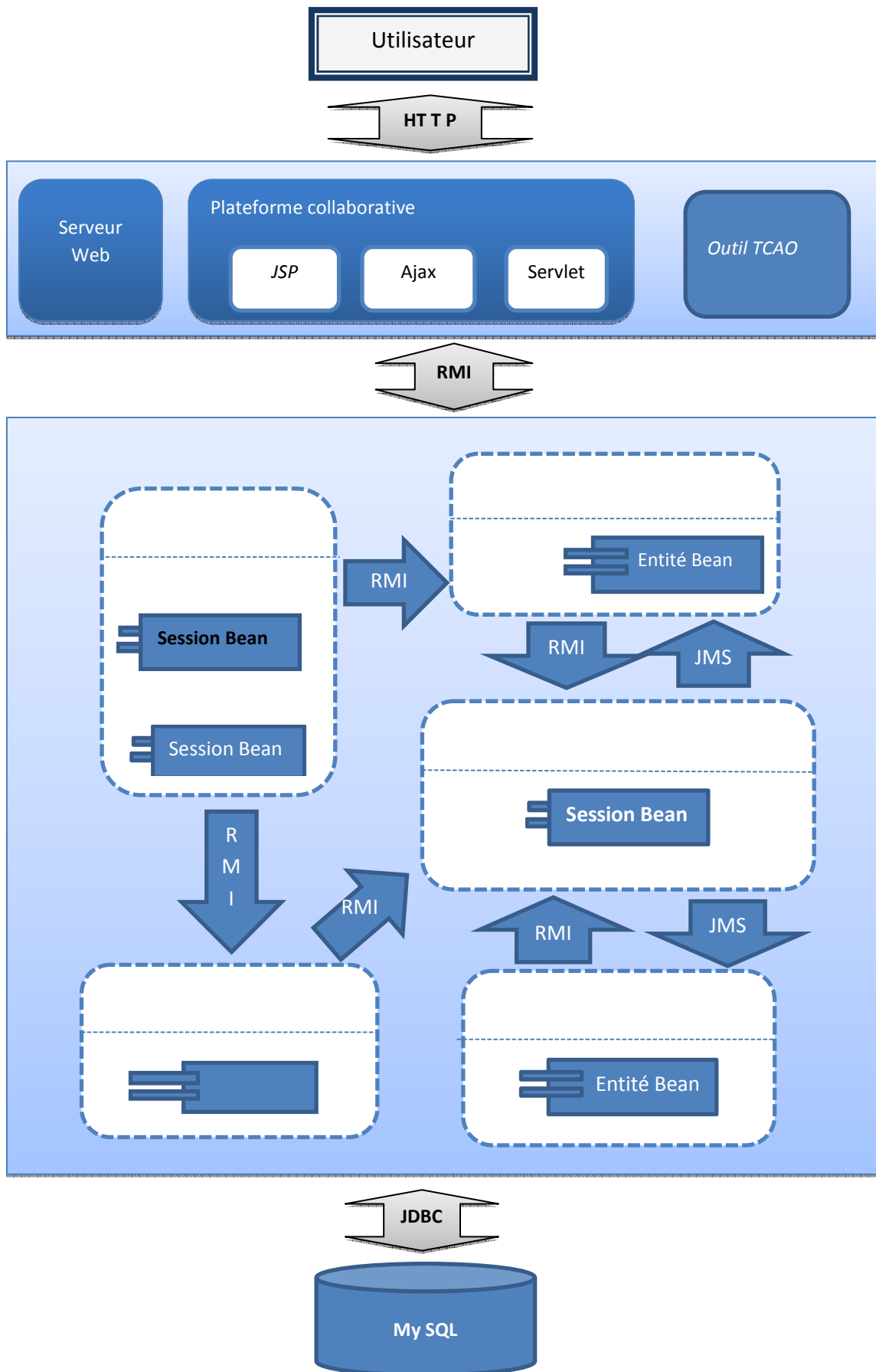


Figure 48 : Technologies à utiliser pour l'implémentation du notre collecticiel

5. CONCLUSION

Dans ce chapitre, nous avons vérifié la conformité de notre modèle avec les principes de l'architecture MOF par l'utilisation de la plateforme ModX, par conséquent notre modèle est compatibles avec d'autres modèles MOF existants.

Et à travers un cas réel nous avons pu vérifier que notre modèle est aussi capable de représenter des situations interactives apparaissant au cours d'un projet de simulation.

Donc théoriquement notre modèle est validé. Ensuite nous avons proposé une architecture fonctionnelle du futur collecticiel ainsi que les technologies à utiliser pour l'implémenter.

Conclusion générale

CONCLUSION

Notre travail se situe au croisement de plusieurs domaines de recherches : sciences sociales, TCAO et simulation. Dans ce mémoire nous avons étudié les fondements théoriques en sciences sociales et les différents aspects d'un travail coopératif pour concevoir un modèle capable de représenter le contexte de coopération des acteurs impliqués dans un projet de conception d'un système de production. Nous avons analysé la conduite d'un projet de simulation tant qu'activité coopérative après bien montré que la simulation est une excellente méthode de conception des systèmes de production.

L'analyse des modes d'interaction existant au cours d'un travail collectif nous a permis de distinguer deux modes de coordination différents. Nous avons montré qu'un projet de simulation utilise généralement une coordination basée sur l'implicite. Cette analyse nous a permis de proposer un modèle de coopération orienté vers l'expression des relations apparaissant entre les éléments de contexte de coopération et favorisé la coordination spontanée des acteurs (auto-coordination).

L'état de de l'Art que nous avons dressé sur les modèles de coopération couramment utilisés pour spécifier les applications TCAO nous a permis de constater l'incompatibilité de certains modèles vis-à-vis la simulation, Notre approche c'est articulé autour d'un modèle basé sur la prise en compte d'aspect dynamique d'un travail coopératif.

Nous avons vérifié la compatibilité de notre modèle au standard MOF (Méta Object Facility) par l'utilisation de la plateforme de modélisation ModX ce qui a garanti l'interopérabilité de notre modèle vis à vis d'autres modèles MOF existants.

Nous avons montré théoriquement que notre modèle est capable de représenter un projet réel de simulation. Nous avons proposé aussi une architecture fonctionnelle de notre collecticiel, ainsi que les outils nécessaires à son implémentation ce qui rendra celle-ci une opération aisée.

Nos perspectives à court terme visent particulièrement à compléter ce travail par l'implémentation du collecticiel proposé.

Bibliographie

- [Agnès 2001] Agnès L. *Ordonnancement interactif basé sur des indicateurs : Applications à la gestion de commandes incertaines et à l'affectation des opérateurs*. Thèse de doctorat, l'Institut National Polytechnique de Toulouse. 2001.
- [Audibert 2009] Audibert L. *UML 2 - de l'apprentissage à la pratique (cours et exercices)*. Editions Ellipses. 2009.
- [Bardram 98a] Bardram J. E. *Collaboration, Coordination, and Computer Support, An Activity Theoretical Approach to the Design of Computer Supported Cooperative Work*. PhD thesis, Department of Computer Science, Aarhus University, Aarhus, 1998.
- [Bardram 98b] Bardram, J. E. *Designing for the dynamics of cooperative work activities*. In Proceedings of The 1998 ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work, Seattle, Washington, USA. ACM Press. 1998.
- [Beca & al. 1997] Beca, Lukasz, Cheng, Gang, Fox, Jurga, Tomasz, Olszewski, Konrad, Podgorny, Marek, Sokolowski, Piotr, & Walczak, Krzysztof. *Web Technologies for Collaborative Visualization and Simulation*. Proc. of the 8th SIAM Conference on Parallel Processing for Scientific Computing. Minneapolis, Mar. 1997.
- [Belattar 2000] Belattar B. *Simulation & modélisation*. Support de Cours. Département d'Informatique, faculté des sciences de l'ingénieur, Université de Batna (Algérie). 2000.
- [Belattar & al. 1997] Belattar, B, Zidani A., Djoudi A. (1997). *Vers un Environnement de Simulation Coopératif*, Actes de la conférence MOSIM'97, Rouen France, 5-6 juin 1997, pp. 483-499.
- [Benali & al 2002] Benali K., Bourguin G., David B., et al. *Collaboration/Coopération*. Deuxièmes assises du GDR I3. 4-6 Décembre, 2002. Nancy.

- [Bødker 91] Bødker S. *Through the Interface: A Human Activity Approach to User Interface Design*. Hillsdale, NJ: LEA, 1991.
- [Bouattour2005] Bouattour M. *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, 2005, Nancy.
- [Bourguin 2000] Bourguin G. *un support informatique à l'activité coopérative fondé sur la théorie de l'Activité : le projet DARE*. Thèse de doctorat, Université de technologie de Lille, 2000.
- [Bourguin & Derycke 2005] Bourguin G, Derycke A. *Systèmes Interactifs en Co-évolution Réflexions sur les apports de la Théorie de l'Activité au support des Pratiques Collectives Distribuées*. Revue d'Interaction Homme-Machine Vow 6 N°1, 2005.
- [Bowers & al. 95] Bowers, J, Button, G., & Sharrock, W. *Workflow from Within and Without: Technology and Cooperative Work on the Print Industry Shopfloor*. Marmolin et al. (eds.): Proceedings of the Fourth European Conference on Computer-Supported Cooperative Work, ECSCW'95, Kluwer, pp. 51-66.1995.
- [Breton 2002] Breton E. *Contribution à la représentation de processus par des techniques de méta-modélisation*. Thèse de doctorat, Spécialité Automatique et Informatique Appliquée. Université de Nantes. 2002.
- [Cambier & al 2006] Cambier C, Masse D, Bousso M, and Perrier E. *Mior, a spatially explicit, individual based modeling approach to simulate soil microbial and organic matter processes*. Ecological Modelling, 2006.
- [Courtois & al 2003] Courtois A, Mourice P, Martin CH et Bonnefous. *Gestion de production*. Edition d'organisation. 2003.
- [Draghici & al 1998] Draghici G, Brinzei N, Filipas I. *La modélisation et la simulation en vue de la conduite des systèmes de production*. Les Cahiers des Enseignements Francophones en Roumanie, 1998.

- [Ellis & Wainer 1994] Ellis c, Wainer j, *A conceptual model of groupware*. Actes de la conférence CSCW'94. pp. 79-88. Chapel Hill, NC. 1994
- [Engeström 1990a] Engeström Y. *Learning by expanding*. Orienta-konsultit. 1990, Helsinki.
- [Engeström 1990b] Engeström Y. *Learning by expanding*. Orienta-konsultit. Helsinki, 1990.
- [Favre & al 2006] Favre J. M., Estublier J., et Blay-Fornarino M. *L'ingénierie dirigée par les modèles, au-delà du MDA*. Lavoisier. Hermes Sciences Publications. Paris: 2006.
- [GPA662 2007] Cours GPA662 : *Modélisation et simulation de systèmes de production*. Disponible sur :
<http://www.gpa.etsmtl.ca/cours/gpa662/Cours1/>.
- [Guénebaut & al 2007] Guénebaut A, Barth M, Guio R. *Modèle générique du processus créatif appliqué à la conception des systèmes de production*. 18ème Congrès Français de Mécanique, Grenoble, 2007.
- [Habchi 2001] Habchi G. *Conceptualisation et modélisation pour la simulation des systèmes de production*. Habilitation a dirigé des recherches, Université de Savoie. 2001.
- [Hanser 2003] Hanser D. *Proposition d'un modèle d'auto coordination en situation de conception,application au domaine du bâtiment*. Thèse Doctorat, Institut National Polytechnique de Lorraine, 2003.
- [Hasan 2002] Hasan R. *Contribution à l'amélioration des performances des systèmes complexes par la prise en compte des aspects socio-techniques dès la conception : proposition d'un modèle original de situation de travail pour une nouvelle approche de conception*. Thèse de doctorat, université Henri Poincaré. NANCY 1.2002.

- [Heath & al. 96] Heath, C. & Luff, P. *Documents and Professional Practice: 'bad' organizational reasons for 'good' clinical records*, In Proceedings of the Conference on CSCW, Boston, Massachusetts USA. ACM, pp. 354-363.1996.
- [Henriksen & al 2002] Henriksen J.O, Lorenz P, Hanisch A, Osterburg S, and Schriber T.J. *Web based simulation center: professional support for simulation projects*. In 1, editor, Simulation Conference, 2002. Proceedings of the Winter, pages 807 – 815. Winter Simulation Conference, 2002.
- [Jourde 2011] Jourde F. *collecticiel et multi modalité : spécification de l'interaction, la notation COMM et l'éditeur E-COMM*. Thèse de doctorat, Université de Grenoble. 2011.
- [Katzy & Ma 2002] Katzy B et Ma X, *A research note on virtual project management systems*, 8th International Conference on Concurrent Enterprising, june 2002, pp 518.
- [Korichi 2009] Korichi A. *TCAO et Simulation : Vers une plate-forme d'analyse et de conception de systèmes de production orientée groupe*. Thèse de doctorat, universite el hadj lakhdar – batna.2009.
- [korichi & Belattar 2009] Korichi A, Belattar B. *Modélisation des interactions de coopération dans la conduite d'un projet de simulation*. [Revue] // ARIMA. - 2009. - p. 25.
- [Kubicki 2006] Kubicki S. *Assister la coordination flexible de l'activité de construction de bâtiments*. Thèse Doctorat, discipline sciences de l'architecture, université Henri Poincaré. Nancy 1.2006.
- [Kuutti 1991] Kuutti K. *The Concept of Activity as a Basic Unit of Analysis for CSCW Research*. Actes de la conférence 2nd European Conference on Computer-Supported Cooperative Work, ECSCW'91. pp. 249-264. Amsterdam. Kluwer.1991.

- [Kuutti et Arvonen 1992] Kuutti K, Arvonen T. *Identifying potential CSCW applications by means of activity theory concepts: a case example*. Actes de la conference ACM conference on Computer-supported cooperative work, 1992, pp. 233 - 240. Toronto.
- [Lang & al 1995] Lang, U., Peltier J.P., Christ P., Rill S. , Rantzau D., Nebel H., Wierse A., Lang R., Causse S., Juaneda F., Grave M., and Haas P. *COVISE: Perspectives of Collaborative Supercomputing and Networking in European Aerospace Research and Industry*, Future Generation Computer Systems (FGCS) Elsevier Science, Vol 11, Num 4-5, pp. 419-430. 1995.
- [Laurillau 2002] Laurillau Y . *Conception et réalisation logicielles pour les collecticiels centrées sur l'activité de groupe : le modèle et la plateforme Clover*. Thèse de doctorat de l'université Joseph Fourier - Grenoble I, Laboratoire de Communication Langagière et Interaction Personne - Système Fédération IMAG, 10 Septembre. 216 pages.
- [Livet 2002] Livet A. *Modélisation des systèmes physiques de production pour l'évaluation des coûts des activités*. Thèse de doctorat de l'université de Louis Pasteur Strasbourg, 10 Décembre 2002. 133 pages.
- [Lonchamp 2003] Lonchamp J. *Le travail coopératif et ses technologies*, Edition Hermes, Lavoisier, Paris, 2003, pp 46-240.
- [Maher & al 1998] Maher M L, Cicognani A, Simoff S J, *An experimental study of computer mediated collaborative design*. in *Int. J. Des. Comput.* vol. 06. numéro 1. 1998.
- [Malcurat 2002] Malcurat O. *Spécification d'un environnement logiciel d'assistance au travail collaboratif dans le secteur de l'architecture et du B.T.P.* Thèse de doctorat, Institut National Polytechnique de Lorraine, CRAI – Centre de Recherche en Architecture et Ingénierie, 2002, Nancy.

- [Malone & Crowstone 1994] Malone T. & Crowstone K. *The interdisciplinary study of coordination*. ACM Computing Surveys, vol.26, n°1, 1994, p.87-120.
- [Malone & al 1999] Malone T, Crowstone K., Lee J., et al. *Tools for Inventing Organizations: Toward a Handbook of Organizational Processes*. Management Science, vol.45, n°3, 1999, p.425-433.
- [Miller & Mukerji 2001] Miller J., et Mukerji J. *Model Driven Architecture (MDA)*. OMG, 2001.
- [Mintzberg 1978] Mintzberg H. *The structuring of organizations: A synthesis of the research*. Englewood Cliffs, NJ: 1978, 512p.
- [Moguel 2010] Moguel P. *ALBATROS, un environnement informatique support à l'activité d'organisation dans un challenge pédagogique collectif*. Thèse de doctorat, Spécialité Informatique , universite de grenoble. 2010.
- [Molina 2006] A.I. Molina, M.A. Redondo, and M. Ortega, A Conceptual and Methodological Framework for Modeling Interactive Groupware Applications, Process, Proceedings of the 12th international conference on Groupware: design implementation, and use (CRIWG'06), 2006, LNCS, Volume 4154, Springer-Verlag -Berlin Heidelberg, pp. 413-420.
- [Nguyen 2008] Nguyen T. Kh. *PAMS-Plateforme collaborative pour la modélisation et simulation*. Mémoire Master II, Institut de la francophonie pour l'informatique et Institut de recherche pour le développement (Géodes). 2008.
- [OMG 2000] OMG. Meta Object Facility (MOF) Specification. OMG Document formal, Object Management Group,
<http://www.omg.org/technology/documents/formal/mof.htm>, 2000.

- [OMG 2012] OMG. *Model Driven Architecture*. Disponible sur :
<http://www.omg.org/mda/2012>.
- [Penichet 2006] V. M. R. Penichet, F. Paterno, J. A. Gallud, M. D. Lozano, Collaborative Social Structures and Task Modelling Integration, Proceedings of the 13th international conference on Interactive systems: Design, specification, and verification(DSVIS' 06), 2006, Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, pp. 67-80.
- [Ramat & Preux 2001] Ramat .E et Preux. P. « *virtual laboratory environment* » (vle) : un environnement multi-agents et objet pour la modélisation et la simulation de systèmes complexes. 3e Conférence Francophone de Modélisation et Simulation "Conception, Analyse et Gestion des Systèmes industriels" MOSIM'01 – du 25 au 27 avril 2001 - Troyes (France).
- [Suchman 83] Suchman L. *Office Procedures as Practical Action: Model of Work and System Design*. ACM Transaction on Office Information Systems, vol. 1, pp. 320–328.1983.
- [Symon & al. 96] Symon, G., Long, K., & Ellis, J. *The Coordination of Work Activities: Cooperation and Conflict in a Hospital Context*, Computer Supported Cooperative Work, vol. 5, pp. 1–31, 1996.
- [Tarpin-Bernard 1997b] Tarpin-Bernard, F. *Travail Coopératif Synchrone Assisté par Ordinateur Approche AMF-C*. Thèse de doctorat de l'université de Lyon, 1 juillet. 1997. 145 pages.
- [Taylor 2000] Taylor, S.J.E. *NetMeeting: a tool for collaborative simulation modeling I. J. of Simulation Systems*, Science & Technology, Vol. 1 No 1-2:59-68. 2000.

- [Veer 2000] G. van der Veer, M. van Welie, Task Based Groupware Design : Putting theory into practice, Proceedings of the 3rd conference on Designing interactive systems: processes, practices, methods, and techniques (DIS'00), New York City, New York, United States, 2000, ACM Press New York, NY, USA, pp. 326-337.
- [Viguie 2010] Viguie PH. *Pilotage d'implémentations d'outils de TCAO au sein d'une organisation : Une Approche Méthodologique*. Thèse de doctorat, université de Toulouse, 2010.
- [Winograd & al. 86] Winograd, T. & Flores, F. *Understanding Computers and Cognition: A New Foundation for Design*. Norwood,1986, NJ: Ablex Publishing Corp.
- [Wladimir & al 2004] Wladimir, A. F., Hirata C. M., Edgar T. Y. *GroupSim: A Collaborative Environment for Discrete Event Simulation Software Development for the World Wide Web*. SagePub, Vol. 80, Num 6. pp 257-272.2004.
- [Zolin & al 2000] Zolin R., Levitt R. E., Fructer R., et al. *Modeling & Monitoring Trust in Virtual A/E/C Teams*. A research proposal. Center For Integrated Facility Engineering, Stanford University, 2000, Stanford, Great Britain, 75p.