

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

UNIVERSITE MENTOURI CONSTANTINE

Faculté des Sciences de l'Ingénieur

Département d'informatique

N°d'ordre :.....

Série :.....

MEMOIRE

Présenté en vue de l'obtention du diplôme de Magister dans le cadre de
l'école doctoral pôle Est

Option : Génie logiciel

Par

Boubakeur Achichi

Thème

Convention sociale dans les SMAs

Analyse, Modélisation et Simulation

Devant le jury :

Pr. boufaida zizette, Pr. Université Constantine

Président.

Dr. Maamri ramdane. Dr. Université Constantine

Rapporteur.

Dr. Belala faiza. Dr. Université Constantine

Examinatrice.

Dr. Zeghib Nadia. Dr. Université Constantine

Examinatrice.

Octobre 2010

Résumé

La communication entre agents est primordiale à l'intérieur des systèmes multi agents. Les agents d'un système multi-agents doivent communiquer pour se coordonner et pour échanger de l'information. Les agents peuvent donc, par l'intermédiaire de la communication, échanger de l'information et des connaissances pour déterminer leurs actions en fonction du comportement des autres agents du système.

Au cours des dernières années, une nouvelle approche basée sur des conventions sociales, est apparue. Dans le but de résoudre certains problèmes attachés aux langages de communication agent basés sur les états mentaux (KQML), FIPA-ACL). Cette approche repose sur les engagements sociaux qui permettent de résoudre de nombreux problèmes liés aux langages KQML et FIPA-ACL.

L'utilisation d'une sémantique sociale, par l'intermédiaire des engagements sociaux, permet d'éliminer l'hypothèse de sincérité et nous permet de vérifier la sémantique des messages échangés. En effet, les engagements sociaux sont publics, donc vérifiables. De plus, l'utilisation d'une sémantique sociale nous permet de faire un pas en avant dans le développement d'un langage de communication pouvant être utilisé par des agents hétérogènes qui coexistent à l'intérieur d'un système ouvert. Comme les engagements sociaux sont indépendants de l'architecture interne des agents, les agents qui communiquent doivent simplement partager le modèle d'engagements pour interpréter les messages échangés.

Dans ce mémoire, nous proposons un modèle d'engagement social qui permet la modélisation des interactions communicatives inter-agents. Ce modèle d'engagement social peut être utilisé par n'importe quel agent pour représenter ses interactions avec les différents agents du système. Nous présentons ensuite un système de contrôle social, qui permet d'utiliser des sanctions attachées aux engagements lors de leur création qui assure la parité souhaitée pour les systèmes multi-agents ouverts.

Finalement, nous avons argumenté notre proposition avec une simulation. Afin d'illustrer les différentes idées et concepts inclus dans l'approche proposée.

Mots-clefs : Systèmes Multi-Agents, Communication entre agents, Engagement Social, Contrôle Social.

Abstract

The communication between agents is crucial in multi-agent systems. The agents of a multi-agent system must communicate to coordinate and exchange information. The agents can, through communication, exchange of information and knowledge to determine their actions according to the behavior of other agents in the system.

In recent years, a new approach based on social conventions, emerged. In order to solve some problems attached to agent communication languages based on mental states (KQML), FIPA-ACL). This approach is based on social commitments that can solve many problems related to languages KQML and FIPA-ACL.

Using a semantic social through social commitments eliminates the assumption of sincerity and allows us to verify the semantics of messages exchanged. Indeed, social commitments are public, thus verifiable. In addition, the use of a social semantics allows us to take a step forward in the development of a communication language which can be used by heterogeneous agents that coexist within an open system. As social commitments are independent of the internal architecture of agents, the agents must communicate simply share the model of commitment to interpret the messages exchanged.

In this paper, we propose a model of social engagement that enables the modeling of inter-agent communicative interactions. This model of social engagement may be used by any agent to represent his interactions with various agents in the system. . We present a system of social control, which allows the use of sanctions tied to commitments at their creation that ensures parity want to open multi-agent systems. Finally, we have argued our proposal with a real case study. To illustrate the various ideas and concepts included in the suggested approach.

Keywords: Multi-Agent Systems, Communication between agents, Social Commitment, Social Control.

ملخص

إن الاتصال بين الأعوان أمر أكثر من ضروري في الأنظمة متعددة الأعوان . حيث أن أعوان هذا النظام بحاجة ماسة إلى التواصل والاتصال من أجل التنسيق وتبادل المعلومات و المعرفة. الشيء الذي للأعوان بتحديد الإجراءات المناسبة وفقا لسلوك أعوان آخرين في النظام . في هذه السنوات الأخيرة، ظهر للوجود نهج جديد يقوم على الاتفاقيات الاجتماعية، في محاولة لحل بعض المشاكل المتعلقة بلغات الاتصال التي تعتمد على الحالات الذهنية للأعوان (KQML, FIPA-ACL) ويستند هذا النهج على الالتزامات الاجتماعية التي يمكن أن تحل العديد من المشاكل ذات الصلة بلغات KQML و FIPA--ACL .

إن استخدام الدلالة الاجتماعية ، من خلال الالتزامات الاجتماعية ، يقضي على فرضية صدق الأعوان و يتيح لنا التحقق من دلالات الرسائل المتبادلة بينهما . في الواقع ، والالتزامات الاجتماعية عامة ، وبالتالي يمكن التحقق منها .وبالإضافة إلى ذلك ، فإن استخدام دلالات اجتماعية يسمح لنا باتخاذ خطوة إلى الأمام في تطوير لغات التواصل التي يمكن استخدامها من قبل عناصر غير متجانسة تتعايش في إطار نظام مفتوح . كما أن الالتزامات الاجتماعية مستقلة عن البنية الداخلية للعملاء .

في هذا المذكرة، نقترح نموذجا اجتماعيا للالتزام الذي يتيح لنا تمثيل التفاعلات التواصلية بين الأعوان . بحيث يمكن استخدام هذا النموذج من أي عون من أجل تمثيل اتصالاته مع مختلف أعوان النظام . ثم نقدم فيما بعد نظاما للمراقبة الاجتماعية، والذي يسمح بتطبيق العقوبات على الأعوان الذين يخلفون بوعودهم.

وأخيرا، لقد دعمنا اقتراحنا هذا بدراسة حالة حقيقية . لتوضيح مختلف الأفكار والمفاهيم الواردة في النهج المقترح

الكلمات المفتاحية: الأنظمة متعددة الأعوان، والاتصالات بين الأعوان، الالتزام الاجتماعي، والمراقبة الاجتماعية.

Table des matières

INTRODUCTION GENERALE	11
SYSTEMES MULTI-AGENTS	14
1. Introduction :	15
2. Qu'est-ce qu'un agent?.....	16
3. Typologies des agents.....	18
4. Qu'est-ce qu'un système multi-agents?.....	19
4.1. Définition	20
4.2. Interactions entre agents.....	20
4.2.1. Types d'interaction :.....	21
4.3. Coopération entre agents :	22
4.3.1. Modèles de coopération :	22
4.4. Coordination entre agents	23
4.5. Négociation entre agents.....	24
4.6. Communication entre agents.....	24
4.6.1. Modes de communication :.....	25
4.6.1.1. Le mode de communication par échange de messages :	25
4.6.1.2. Communication par partage d'informations:	25
5. Conclusion	27
COMMUNICATION ENTRE AGENTS	28
1. Introduction	29
1.1. Communication interhumaine et inter-agents :	29
2. Des actes de langage aux langages de communication agent (ACLs).....	30
2.1. Théorie des actes du langage : « Quand dire c'est faire. »	30
2.1.1. les actes de langage de Searle et Vanderveken :	32
2.2. Les langages de communication agent (ACLs) :	33
2.2.1. KQML [Knowledge Query and Manipulation Language]	34
2.2.2. FIPA-ACL	34
2.2.3. ARCOL [ARtimis Communication Language]	35
2.2.4. ICL [InterAgent Communication Language]	35
2.2.5. AOP [Agent Oriented Programming]	35
2.2.6. MAC [Mobile Agent Communication]	35
2.2.7. Autres ACLs.....	36
3. Généralités sur le dialogue	37
3.1. Définition :.....	37

3.2.	Typologie des dialogues	37
4.	Dialogues entre agents : des approches intentionnelles aux approches conventionnelles	39
4.1.	Approches basées sur les états mentaux (Approches intentionnelles)	39
4.1.1.	Approche par planification de Allen, Cohen et Perrault :	40
4.1.2.	KQML	45
4.1.3.	Sémantiques mentalistes des ACLs	49
4.1.4.	Limites des approches basées sur les états mentaux	52
4.2.	Approches conventionnelles et sociales	53
4.2.1.	Fondements philosophiques des approches conventionnelles et sociales :	53
4.2.2.	Les travaux de Singh	54
4.2.3.	Les travaux de Colombetti	56
4.2.4.	Les travaux de Flores	57
4.2.5.	Approche de McBurney et Parsons	58
4.2.6.	Autres approches :	59
4.2.7.	Avantages des approches conventionnelles et sociales :	59
4.2.8.	Limites des approches conventionnelles et sociales	60
5.	Conclusion	61
 MODELE D'ENGAGEMENT SOCIAL ET SON RESPECT		62
1.	Introduction	63
2.	Le modèle d'engagement social	64
2.1.	Formulation :	65
2.2.	Cycle de vie	66
2.2.1.	Les états possibles :	66
2.2.2.	Les Fonctions de manipulation	68
3.	Le système de contrôle social (Agent superviseur) :	72
3.1.	Les propriétés des systèmes multi agents ouverts	72
3.2.	Les engagements flexibles :	73
3.3.	Architecture générale de l'agent superviseur (Contrôle social) :	73
4.	Cycle de vie d'un engagement et l'agent superviseur	78
4.1.	Avant l'engagement :	78
4.2.	Après l'engagement :	78
4.2.1.	Création de l'engagement :	78
4.2.2.	Satisfaction de l'engagement :	80
4.2.3.	Annulation ou violation de l'engagement :	81
4.2.4.	Libération d'un engagement :	83
5.	Les sanctions :	84
5.1.	Types de sanction	84
5.2.	Modéliser les sanctions :	85
6.	Conclusion	86

SIMULATION ET RESULTATS 87

1. Introduction	89
2. Présentation de la simulation	89
2.1. Les agents du SMA	90
2.1.1. Les acteurs principaux :	90
2.1.2. Les acteurs secondaires	91
2.2. Mécanisme de prise de décisions :	91
3. Description générale de l'application	93
3.1. Les engagements de la simulation	93
3.2. Aglets Workbench :	97
3.2.1. Un protocole de transfert d'agent (ATP) :	98
3.2.1.1. Création	99
3.2.1.2. Clonage	99
3.2.1.3. Déportation (Dispatching)	100
3.2.1.4. Récupération (Retractation)	100
3.2.1.5. Activation et Désactivation	100
3.2.1.6. Libération ou destruction	100
3.2.2. Tahiti : un gestionnaire d'agents visuel	101
3.3. Java	102
3.4. Editeur de texte :	102
4. Modélisation AUML de l'application	104
4.1. Diagramme de classes	104
4.2. Détaille des classes	105
4.2.1. Classe AgentSuperviseur	105
4.2.1.1. Présentation :	105
4.2.1.2. Diagramme :	105
4.2.1.3. Mise en œuvre	105
4.2.2. Classe GenerateurMAR	105
4.2.2.1. Présentation	106
4.2.2.2. Diagramme	106
4.2.2.3. Mise en œuvre	106
4.2.3. Classe GenerateurACH	106
4.2.3.1. Présentation	106
4.2.3.2. Diagramme	106
4.2.3.3. Mise en œuvre	107
4.2.4. Classe AgentMARI	107
4.2.4.1. Présentation	107
4.2.4.2. Diagramme	107
4.2.4.3. Mise en œuvre	107
4.2.5. Classe AgentACHI	108
4.2.5.1. Présentation	108
4.2.5.2. Diagramme	108
4.2.5.3. Mise en œuvre	108
4.3. Fonctionnalités de l'application :	108
4.3.1. Liste des agents créés	108

4.3.2.	Agenda d'un agent	109
4.3.3.	Liste des messages qui sont échangés entre deux agents	109
4.3.4.	Table des conversations	109
4.4.	Les métriques d'évaluation des conversations :	109
4.4.1.	Métriques pour l'agent du contrôle social :	109
4.4.2.	Métriques pour un dialogue entre deux agents.....	110
4.4.3.	Métrique spécifiques à un seul agent	111
4.5.	Résultats et analyse	112
4.5.1.	Le pourcentage des engagements respectés par les agents Marchands.	113
4.5.2.	Le pourcentage des engagements annulés par les agents Marchands.	115
4.5.3.	Le pourcentage des engagements violés par les agents Marchands.	115
4.5.4.	Le nombre d'engagements créés, remplis, violés et annulés par chaque agent.	117
5.	Conclusion	120
	CONCLUSION GENERALE	121
	REFERENCES.....	123

Liste des tables

CHAPITRE02 : COMMUNICATION ENTRE AGENTS	28
Tab .2.1 Tableau des opérateurs de croyances d'Allen, Cohen et Perrault.	41
Tab .2.2 Définition de l'acte INFORM.....	42
Tab .2.3 Définition de l'acte REQUEST.....	42
Tab. 2.4 Éléments pour l'inférence de plans.....	43
Tab. 2.5 Les paramètres d'un message KQML.	47
Tab. 2.6 Sémantique des performatifs KQML tell.	52
CHAPITRE03 : MODELE D'ENGAGEMENT SOCIAL ET SON RESPECT	62
Tab. 3.1 Propriétés des transitions.....	71
CHAPITRE04 : SIMULATION ET RESULTATS	87
Tab .4.1 Exemple de fichier de comportement d'un agent Marchand.	92
Tab .4.2 Le premier engagement.....	95
Tab .4.4 Le troisième engagement	97
Tab .4.5 Métriques pour l'agent du contrôle social	110
Tab .4.6 Métriques pour un dialogue entre deux agents	111
Tab .4.7 Métrique spécifiques à un seul agent	112
Tab .4.8 Métrique Le nombre d'engagements créés, remplis, violés et annulés par chaque agent.....	115

Liste des figures

CHAPITRE 01 : SYSTEMES MULTI-AGENTS	14
Fig. 1.1. Communication par envoi de messages	25
Fig. 1.2. Communication par partage d'information.....	26
CHAPITRE 02 : COMMUNICATION ENTRE AGENTS	28
Fig. 2.1 Modèle des Langages de Communication entre Agents	33
Fig. 2.2 Les trois couches d'un message KQML.	46
CHAPITRE 03 : MODELE D'ENGAGEMENT SOCIAL ET SON RESPECT	62
Fig. 3.1 Un modèle de l'engagement social	67
Fig. 3.2. Assignation et déchargement d'un engagement social	70
Fig. 3.3. Le diagramme d'états associé au contenu d'un engagement social	71
Fig. 3.4 Dialogue Agent et le système de Contrôle social.....	72
Fig. 3.5. L'agent superviseur.....	74
Fig. 3.6. Architecture de module récepteur	75
Fig. 3.7 Architecture de Gestionnaire.	77
Fig. 3.8 Architecture de vérificateur.	78
Fig. 3.9. Diagramme de séquence (création de l'engagement).	80
B. dans le cas contraire, i.e. l'engagement n'a pas été satisfait. L'agent superviseur considère que le débiteur veut violer l'engagement social (C).	81
Fig. 3.10 Diagramme de séquence (Satisfaction de l'engagement).....	81
Fig. 3.12 Diagramme de séquence (Libération de l'engagement).	84
CHAPITRE 04 : SIMULATION ET RESULTATS.....	87
Fig. 1.4 Diagramme de séquence	94
Fig. 4.2 Cycle de Vie d'un agent aglet	98
Fig. 4.3: Modèle du Cycle de Vie d'un Aglet.....	100

Fig. 4.4 Interface de Tahiti.....	101
Fig. 4.5 Diagramme des classes	104
Fig. 4.5 Résultats de simulation-Pourcentage d’engagements remplis (Marchands)	114
Fig. 4.6 Résultats de simulation-Pourcentage d’engagements annulés (Marchands).....	115
Fig. 4.7 Résultats de simulation-Pourcentage d’engagements violés (Marchands).....	116
Fig. 4.7 Nombre d’engagements établis par les agents marchands M2 et M5.....	1167

Introduction Générale

La communication entre agents est primordiale à l'intérieur des systèmes multi agents. Les agents d'un système multi-agents doivent communiquer pour se coordonner et pour échanger de l'information. Les agents peuvent donc, par l'intermédiaire de la communication, échanger de l'information et des connaissances pour déterminer leurs actions en fonction du comportement des autres agents du système.

Au cours des dernières années, une nouvelle approche basée sur des conventions sociales, est apparue. Dans le but de résoudre certains problèmes attachés aux langages de communication agent basés sur les états mentaux (KQML, FIPA-ACL). Cette approche repose sur les engagements sociaux qui permettent de résoudre de nombreux problèmes liés aux langages KQML et FIPA-ACL.

L'utilisation d'une sémantique sociale, par l'intermédiaire des engagements sociaux, permet d'éliminer l'hypothèse de sincérité et nous permet de vérifier la sémantique des messages échangés. En effet, les engagements sociaux sont publics, donc vérifiables. De plus, l'utilisation d'une sémantique sociale nous permet de faire un pas en avant dans le développement d'un langage de communication pouvant être utilisé par des agents hétérogènes qui coexistent à l'intérieur d'un système ouvert. Comme les engagements sociaux sont indépendants de l'architecture interne des agents, les agents qui communiquent doivent simplement partager le modèle d'engagements pour interpréter les messages échangés.

Malgré l'émergence des différents modèles de communication agent dont la sémantique se base sur les engagements sociaux, pour modéliser le dialogue entre agents ces modèles ne me semble pas assez complet ou même invalides. Car la plus part des modèles qu'ils existent réduisent la notion d'engagement à celle d'obligation (ils supposent que tous les agents qui constituent le système respectent ses engagements envers les autres agents). La notion d'engagement social doit offrir plus de flexibilité, ainsi la flexibilité des engagements permet aux agents de revenir sur les dialogues passés et leurs conséquences pour mieux prendre en compte la dynamique du système et de son environnement.

Une conséquence de cet objectif de flexibilité pour les engagements est que leur respect ne peut être imposé, comme c'est le cas avec les approches basées sur les obligations. En effet, le respect des obligations est généralement assuré par réglementarisme, c'est-à-dire sans même qu'il soit possible de les violer. Une question reste alors en suspens : que se passe-t-il si les agents ne respectent pas leurs engagements ? Les approches des systèmes multi-agents basées sur les engagements sont valides et utiles sous l'hypothèse que les engagements sont généralement respectés. C'est le problème du respect des engagements sociaux.

L'objectif de ce travail d'une part consiste à proposer un modèle d'engagement social, qui permet aux agents de capturer les conséquences de ses interactions avec les autres agents du système. De l'autre côté Nous proposons un système de contrôle social, qui permet d'utiliser des sanctions attachées aux engagements lors de leur création qui assure la parité souhaitée pour les systèmes multi-agents ouverts.

Ce mémoire est organisé en quatre chapitres répartis comme suit :

Dans le premier chapitre, nous présentons le cadre théorique dans lequel s'inscrit notre travail. Nous expliquons tout d'abord comment une vision distribuée de l'intelligence artificielle est apparue pour faire face à la complexité des tâches à réaliser. On s'oriente progressivement vers la présentation des concepts d'agent et de Système Multi-Agent.

Dans ce chapitre, nous nous focalisons sur les agents logiciels. Plus ou moins « intelligents » (au sens de l'intelligence artificielle), ils se caractérisent particulièrement par leur capacité sociale, de communication et encore de coordination.

Dans le deuxième chapitre, nous présentons les différents modèles de dialogue agent développés jusqu'ici. Tout d'abord On y introduit la théorie des actes de langage qui sert de fondement aux formalismes de représentation des énoncés, ensuite on présente les deux grandes familles d'approches, discriminées selon leurs fondements théoriques très différents, sont détaillés : Les approches basées sur les états mentaux et Les approches basées sur les engagements sociaux. Pour ces deux approches on présente les avantages et l'inconvénient connus des ces deux familles.

Dans le troisième chapitre, nous allons décrire notre modèle d'engagement, qui permet aux agents de capturer les conséquences de ses interactions avec les autres agents du système. Nous présentons ensuite un système de contrôle social, qui permet

d'utiliser des sanctions attachées aux engagements lors de leur création qui assure la parité souhaitée pour les systèmes multi-agents ouverts.

Dans le cinquième chapitre, nous poursuivons avec une simulation afin de valider notre proposition.

Enfin, nous terminons ce mémoire par une conclusion générale, qui récapitule les travaux réalisés.

Systemes multi-agents

Chapitre 1

Sommaire

1.	<u>Introduction :</u>	15
2.	<u>Qu'est-ce qu'un agent?</u>	16
3.	<u>Typologies des agents</u>	18
4.	<u>Qu'est-ce qu'un système multi-agents?</u>	19
4.1.	<u>Définition</u>	20
4.2.	<u>Interactions entre agents</u>	20
4.2.1.	<u>Types d'interaction :</u>	21
4.3.	<u>Coopération entre agents :</u>	22
4.3.1.	<u>Modèles de coopération :</u>	22
4.4.	<u>Coordination entre agents</u>	23
4.5.	<u>Négociation entre agents</u>	24
4.6.	<u>Communication entre agents</u>	24
4.6.1.	<u>Modes de communication :</u>	25
4.6.1.1.	<u>Le mode de communication par échange de messages :</u>	25
4.6.1.2.	<u>Communication par partage d'informations:</u>	25
5.	<u>Conclusion</u>	27

1. Introduction :

Longtemps, l'informatique en général et l'intelligence artificielle (IA) en particulier ont considéré les programmes comme des entités individualisées et capables de rivaliser avec l'être humain dans des domaines précis.

Cependant cette conception centralisatrice et séquentielle se heurte à plusieurs obstacles d'ordre théorique et pratique. Sur le plan théorique, l'intelligence artificielle s'était engagée sur une voie à la fois trop optimiste et en même temps trop réductrice.

D'autre part, les systèmes informatiques deviennent de plus en plus complexes. Il est nécessaire de les décomposer en modules faiblement couplés, et en unités indépendantes dont les interactions peuvent être limitées et parfaitement contrôlées. Pour des raisons différentes, les concepteurs de systèmes experts industriels sont arrivés à des conclusions semblables à partir des difficultés soulevées par le développement de bases de connaissances. En effet, le savoir-faire, les compétences et les connaissances sont détenus par des individus différents qui, au sein d'un groupe, communiquent, échangent leurs connaissances et collaborent à la réalisation d'une tâche commune. Dans ce cas, la connaissance du groupe n'est pas égale à la somme des connaissances des individus : chaque savoir-faire est lié à un point de vue particulier et ces différentes visions, parfois contradictoires, ne sont pas nécessairement cohérentes entre elles. La réalisation d'une tâche commune nécessitera alors des discussions, des mises au point, voire même des négociations pour résoudre les conflits éventuels.

Les systèmes experts ont rendu de nombreux services dans le cadre de la résolution de problèmes complexes (joueurs d'échecs, optimisation de procédés industriels complexes, ...). Toutefois, la complexité de tels systèmes pose un réel problème quant à leur conception et à la maîtrise de leur fonctionnement. De plus, la distribution des connaissances nécessaires à la résolution de certains problèmes, ou tout simplement la prédisposition naturelle d'un problème à être distribuée, ont mis en avant certaines limites des systèmes experts.

A partir de toutes ces remarques, la communauté scientifique s'est penchée sur la possibilité de diminuer la complexité de la résolution des problèmes en distribuant celle-ci. Ainsi, l'Intelligence Artificielle Distribuée (IAD) s'est intéressée aux problématiques liées à la distribution de systèmes experts [Jarras et Chaib-draa, 2002].

Par conséquent, elle s'est penchée sur la conception de systèmes experts plus petits qui communiquent et interagissent pour résoudre un problème plus important. Toutefois, l'autonomie de ces différents systèmes reste limitée. En effet, ils restent par nature des systèmes experts. D'autre part, l'adaptation de ces systèmes experts à des problèmes différents reste un problème toujours aussi complexe à résoudre. Ainsi, l'IAD a donné naissance à des architectures permettant de résoudre plus efficacement les problèmes d'intelligence artificielle. Ils n'ont toutefois pas proposé de solution à tous les problèmes hérités de l'IA. D'une part, la définition de l'intelligence reste quelque chose de non consensuel (elle reste difficile à définir, comprendre et reproduire). D'autre part, certains problèmes d'intelligence artificielle ne peuvent être résolus efficacement par un système expert. Prenons l'exemple de la simulation du comportement d'une population dans un lieu clos. La mise en œuvre d'un système expert est très délicate car, il faut d'une part modéliser le comportement des individus, et d'autre part, simuler les interactions et les influences entre ces différents individus. Nous voyons clairement que l'IAD permet de résoudre le problème du comportement des individus, mais qu'en est-il des interactions entre ceux-ci ?

A la lumière de ces nouveaux problèmes, la communauté scientifique s'est intéressée à la modélisation des activités simples ou complexes sous la forme d'entités relativement autonomes et indépendantes qui interagissent entre elles. Ces entités, appelées agents, travaillent au sein de communautés selon des modes parfois complexes de coopération, de conflit et de concurrence, et qui peuvent parfois survivre et se perpétuer. Ainsi, de ces interactions peuvent émerger des structures organisées qui en retour contraignent et modifient les comportements des agents la composant. Nous définissons les agents et les systèmes multi-agents dans la section suivante.

2. Qu'est-ce qu'un agent?

Il n'existe pas encore un consensus sur la définition d'un agent. En plus de la relative jeunesse du domaine, une des raisons est que diverses communautés revendiquent ce terme avec des problématiques parfois au départ assez différentes (par exemple en ce qui concerne les agents sociales) même si ces différentes problématiques sont complémentaires et conduites à se rencontrer à terme.

Quelques définitions ont été données :

Dans [Ferber, 1995], un agent est défini de la façon suivante :

On appelle agent une entité physique ou virtuelle

- qui est capable d’agir dans un environnement,
- qui peut communiquer directement avec d’autres agents,
- qui est mue par un ensemble de tendances (sous la forme d’objectifs individuels ou d’une fonction de satisfaction, voire de survie, qu’elle cherche à optimiser),
- qui possède des ressources propres,
- qui est capable de percevoir (mais de manière limitée) son environnement,
- qui ne dispose que d’une représentation partielle de cet environnement,
- qui possède des compétences et offre des services,
- qui peut éventuellement se reproduire,
- dont le comportement tend à satisfaire ses objectifs, en tenant compte des ressources et des compétences dont elle dispose, et en fonction de sa perception, de ses représentations et des communications qu’elle reçoit.

D’autres définitions ont été données, telles que celles données par :

[Stéphane Perret, 1997] : « Un agent est une entité active autonome agissant par délégation pour le compte d’un client ».

[Wooldridge et Jeennings, 2000]: « Un agent est un système informatique situé dans un environnement et capable d’actions autonomes afin d’atteindre ses objectifs de conception ».

Certaines de ces définitions sont très générales se permettent de qualifier d'agent des entités qui sont exclues par d'autres définitions plus spécifiques.

Mais en général chaque agent doit posséder les propriétés suivantes :

- **Autonomie** : Un agent autonome est un agent qui agit dans son environnement et qui ne se contente pas d’être dirigé par des commandes venant d’un autre agent ou de l’opérateur. Un tel agent doit posséder des effecteurs et être situé dans son environnement. L’autonomie d’un agent ne porte pas seulement sur son comportement mais aussi sur ses ressources internes qui sont elles aussi autonomes [Drieu, 2001]. L’agent agit de façon indépendante et

évolue sans aucune orientation extérieure. Un exemple courant d'agent autonome est le « daemon ».

- **Adaptation** : Un agent adaptatif est capable d'apprendre en fonction de son expérience passée et de son évolution. Les architectures d'agents produisant des unités fonctionnelles dédiées à des tâches précises, les techniques d'apprentissage classique de l'intelligence artificielle s'appliquent particulièrement à l'apprentissage d'un agent. En particulier, il peut réagir différemment selon l'agent avec lequel il interagit. Cette caractéristique nécessite des capacités d'apprentissage, par exemple pour élaborer des cartes cognitives ou pour modifier ses préférences comportementales en fonction de son expérience. L'adaptation peut également être collective : en utilisant des mécanismes d'évolution, des populations d'agents peuvent apprendre à s'adapter à leur environnement.

- **Pro-Activité** : Elle caractérise la capacité d'un agent à anticiper des changements plutôt qu'à réagir au changement. Par exemple, il s'agit d'appliquer une règle d'administration particulière dès qu'une variable de l'environnement atteint un certain seuil, c'est-à-dire agir avant que le seuil ne soit atteint.

Il existe bien d'autres propriétés, comme, **Communication, Coopération et Réactivité** dans lesquelles sont introduites différentes notions, nous ne discuterons pas ici, telles que la mobilité ou la reproduction. Nous reviendrons sur tous ces aspects par la suite dans ce mémoire et nous discuterons très largement au cours de ce mémoire sur la capacité sociale des agents.

3. Typologies des agents

Il existe plusieurs types d'agents, qui s'appuient sur les capacités qu'ils possèdent, seront qualifiés de réactifs, cognitifs ou hybrides.

- **Agent cognitif** : Les agents à capacités cognitives proviennent d'une métaphore du modèle humain. Les agents cognitifs disposent d'une base de connaissances comprenant les diverses informations liées à leur domaines d'expertise et à la gestion des interactions avec les autres agents et leur environnement. Les agents sont généralement « intentionnels » c'est-à-dire

qu'ils possèdent des buts et des plans explicites leur permettant d'accomplir leurs buts. Ceci a donné lieu plus tard aux premières architectures modernes d'agents dits cognitifs.

- **Agent réactif :** Les agents réactifs au contraire ne sont pas «intelligents » pris individuellement .ils répond de manière opportune aux changements de son environnement. Ceux-ci peuvent être constitués de stimuli externes et asynchrones. Un tel type d'agent n'a pas besoin d'une représentation symbolique élevée de la perception son environnement. Cependant, du fait, de leur nombre, ces agents réactifs peuvent résoudre des problèmes qualifiés complexes.

- **agents hybride :** Les agents hybrides sont des agents ayant des capacités cognitives et réactives. Ils conjuguent en effet la rapidité de réponse des agents réactifs ainsi que les capacités de raisonnement des agents cognitifs. Cette famille regroupe donc des agents dont le modèle est un compromis autonomie/coopération et efficacité/complexité. Ce type d'agents reste toujours guidé par le souci de minimiser les faiblesses et d'augmenter les forces de tel ou tel type d'agents que l'on mettrait en œuvre dans une application.

En fait, l'agent en tant qu'entité individuelle peut s'avérer limité dans des bien des cas, surtout au vu de ce qu'on voit aujourd'hui comme applications distribuées et pour lesquelles un ensemble d'agents mettant en commun compétences et connaissances paraît plus que nécessaire. Ce type d'agents forme ce qu'on appelle des systèmes multi agents.

4. Qu'est-ce qu'un système multi-agents?

Un système multi-agents (SMA) est constitué d'un ensemble de processus informatiques se déroulant en même temps, donc de plusieurs agents vivant au même moment, partageant des ressources communes et communiquant entre eux.

Un système multi-agent est un système distribué composé d'un ensemble d'agents qui interagissent le plus souvent, selon des modes de coopération, de concurrence ou de coexistence.

Selon [Chaib-draa, 1999] un SMA est généralement caractérisé par :

-
- Chaque agent a des informations ou des capacités de résolution de problèmes limitées, ainsi chaque agent a un point de vue partiel;
 - Il n'y a aucun contrôle global du système multi-agents;
 - Les données sont décentralisées;
 - Le calcul est asynchrone.

4.1. Définition

Dans [Ferber, 1995], un système multi-agent est défini de la façon suivante :

On appelle système multi-agent (ou SMA), un système composé des éléments suivants :

1. Un environnement **E**, c'est-à-dire un espace disposant généralement d'une métrique.
2. Un ensemble d'objets **O**. Ces objets sont situés, c'est-à-dire que, pour tout objet, il est possible, à un moment donné, d'associer une position dans **E**. Ces objets sont passifs, c'est-à-dire qu'ils peuvent être perçus, créés, détruits et modifiés par les agents.
3. Un ensemble **A** d'agents, qui sont des objets particuliers, lesquels représentent les entités actives du système.
4. Un ensemble de relations **R** qui unissent des objets (et donc des agents) entre eux.
5. Un ensemble d'opérations **Op** permettant aux agents de **A** de percevoir, produire, consommer, transformer et manipuler des objets de **O**.
6. Des opérateurs chargés de représenter l'application de ces opérations et la réaction du monde à cette tentative de modification, que l'on appellera les lois de l'univers.

4.2. Interactions entre agents

Un système multi agents (SMA) se distingue d'une collection d'agents indépendants par le fait que les agents interagissent en vue de réaliser conjointement une tâche ou d'atteindre conjointement un but particulier. Les agents peuvent interagir en communiquant directement entre eux ou par l'intermédiaire d'un autre agent ou même en agissant sur leur environnement.

Les interactions entre agents sont définies selon Ferber [Ferber, 1995] comme étant la mise en relation dynamique de deux ou plusieurs agents par le biais d'un ensemble d'actions réciproques. L'interaction entre agents s'effectue par la communication, les actes de langage et les protocoles d'interaction. Les agents interagissent entre eux. Pour atteindre son objectif ou pour améliorer la coordination des actions, un agent peut demander des services à un autre agent.

4.2.1. Types d'interaction :

Selon Ferber [Ferber, 1995] on peut distinguer huit types d'interactions possibles entre agents, en se basant sur trois composantes principales de l'interaction, à savoir la nature des buts, l'accès aux ressources et les compétences des agents :

✓ Indépendance : Les agents ont des buts compatibles ainsi que des ressources et des capacités suffisantes. Il n'y a pas effectivement d'interactions.

✓ Collaboration simple : Les agents ont des buts compatibles et des ressources suffisantes, mais les capacités sont insuffisantes. Cette situation est caractéristique de systèmes communicants dans lesquels toute l'interaction s'exprime sous la forme d'allocation de tâches et de partage de connaissances.

✓ Encombrement : Les agents ont des buts compatibles et des capacités suffisantes, mais les ressources sont insuffisantes. Les agents se gênent mutuellement dans l'accomplissement de leurs tâches.

✓ Collaboration coordonnée : Les agents ont des buts compatibles mais leurs ressources et leurs capacités sont insuffisantes. Les agents doivent coordonner leurs actions pour pouvoir disposer de la synergie de l'ensemble de leurs compétences.

✓ Compétition individuelle pure : Les agents ont des buts incompatibles, mais des ressources et des capacités suffisantes. Les agents doivent lutter ou négocier pour atteindre leurs buts.

✓ Compétition collective pure : Les agents ont des buts incompatibles, des ressources suffisantes et des capacités insuffisantes. Les agents doivent se regrouper au sein de coalitions ou d'associations pour parvenir à atteindre leurs objectifs.

✓ Conflit individuel pour des ressources : Les agents ont des buts incompatibles, des ressources insuffisantes et des capacités suffisantes. Dans ce cas, on est en face d'une situation de conflit dans laquelle l'enjeu est l'acquisition de ressources insuffisantes.

✓ Conflits collectifs pour des ressources : Les agents ont des buts incompatibles, des ressources et des capacités insuffisantes. Dans ce cas les agents doivent s'associer en groupes de manière à s'affronter pour acquérir une ressource.

4.3. Coopération entre agents :

La coopération est une caractéristique très importante dans les systèmes multi-agents. C'est la forme générale de l'interaction. Plusieurs études en IAD se sont attachées à la définir, mais Il n'existe pas encore un consensus. Selon que l'on considère que la coopération est une attitude des agents qui décident de travailler en commun ou que l'on se pose comme un observateur qui interprète a posteriori les comportements en les qualifiant de coopératifs ou non `a partir de critères sociaux (ou physiques), tels que l'interdépendance des actions ou le nombre de communications effectuées [Ferber, 1995].

Les quatre buts génériques de la coopération [Durfee, 1991]:

- ✓ Augmenter la vitesse de résolution des tâches par leur parallélisations ;
- ✓ Augmenter le nombre ou la portée des tâches réalisables par le partage de ressources ;
- ✓ Augmenter la probabilité d'achever des tâches par leur duplication et si possible par l'utilisation de méthodes différentes pour les réaliser ;
- ✓ Diminuer l'interférence entre tâches en évitant les interactions négatives.

4.3.1. Modèles de coopération :

Un agent peut coopérer suivant les modèles suivants :

✓ Coopération par partage de tâches et de résultats : Dans une coopération régie par le partage de tâches, les agents sont représentés par les tâches qu'ils exécutent et le contrôle est dirigé par les buts (de ces tâches). Dans le partage de résultats, les agents sont représentés par des sources de connaissances (KS) et le contrôle est dirigé par les données. Ce type de coopération rentre dans un cadre plus général qui est le partage de ressources.

-
- ✓ Commande : un agent supérieur décompose le problème en sous-problèmes qu'il répartit entre les autres agents. Ceux-ci le résolvent et renvoient les solutions partielles à l'agent supérieur.
 - ✓ Appel d'offre : l'agent supérieur décompose le problème en des sous-problèmes dont il diffuse la liste. Chaque agent qui le souhaite envoie une offre ; A choisit parmi celles-ci et distribue les sous-problèmes. Le système travaille ensuite en mode commande.
 - ✓ Compétition : Dans le mode compétition, l'agent supérieur décompose et diffuse la liste des sous-problèmes comme dans le mode appel d'offre, chaque agent résout un ou plusieurs sous-problèmes et envoie les résultats correspondants à A qui à son tour fait le tri.

4.4. Coordination entre agents

Les agents travaillent sur des problèmes dont les solutions sont utiles pour les autres agents. Leur travail doit donc être temporellement coordonné. La coordination [Durfee et Lesser 1987] permet aux agents de considérer toutes les tâches (aucune tâche n'est ignorée) et de ne pas dupliquer le travail. La coordination des actions est liée à la planification et à la résolution des conflits, car c'est à ce niveau qu'on tient compte des actions (plans) des différents agents.

Dans les systèmes d'IAD, la coordination des actions des agents peut s'organiser suivant deux schémas principaux [Ferber, 1990]: une coordination au moyen d'un système capable de déterminer et de planifier (globalement) les actions des différents agents, ou à l'inverse, on décide de donner une totale autonomie aux agents qui, à leur tour, identifient les conflits pour les résoudre localement.

Mintzberg [Mintzberg, 1979] a identifié trois processus fondamentaux de coordination

- ✓ L'ajustement mutuel est la forme de coordination la plus simple qui se produit quand deux ou plusieurs agents s'accordent pour partager des ressources en vue d'atteindre un but commun.
- ✓ La supervision directe apparaît quand un ou plusieurs agents ont déjà établi une relation dans laquelle un des agents a un contrôle sur les autres.

✓ Dans les cas de coordination par standardisation le superviseur coordonne les activités en établissant des procédures que doivent suivre les subordonnés dans des situations identifiées.

On peut distinguer deux types de coordination :

✓ La coordination due à la gêne (problème de navigation : les agents doivent coordonner leur plans de navigation pour s'éviter mutuellement).

✓ La coordination due à l'aide (la manutention : dans un environnement multi-robots, les agents doivent synchroniser leurs actions pour pouvoir agir efficacement et transporter un objet [Pegard, 1988]).

4.5.Négociation entre agents

La négociation joue un rôle fondamental dans les activités de coopération en permettant aux personnes de résoudre des conflits qui pourraient mettre en péril des comportements coopératifs. Durfee et ses collègues [Durfee et Lesser, 1989] définissent la négociation comme le processus d'améliorer les accords (en réduisant les inconsistances et l'incertitude) sur des points de vue communs ou des plans d'action grâce à l'échange structuré d'informations pertinentes. Généralement on utilise la négociation comme un mécanisme pour coordonner un groupe d'agents.

4.6.Communication entre agents

Les communications dans les systèmes multi-agents, comme chez les humains, sont à la base des interactions et de l'organisation des agents. La communication agrandit les capacités perceptives des agents en leur permettant de bénéficier des informations et du savoir-faire des autres agents. Les communications sont indispensables à la coopération et il est difficile de concevoir un système d'agents coopérants s'il n'existe pas un système permettant aux agents d'échanger des informations ou de véhiculer des requêtes [Ferber, 1995].

Nous distinguons essentiellement deux modes de communication : la communication indirecte qui est une communication par signaux via l'environnement (dans les systèmes réactifs), et la communication directe qui procède à un échange de messages entre les agents (Dans les systèmes cognitifs).

4.6.1. Modes de communication :

4.6.1.1. Le mode de communication par échange de messages :

Les systèmes fondés sur la communication par envoi de messages relèvent d'une distribution totale à la fois de la connaissance, des résultats et des méthodes utilisées pour la résolution du problème. Les agents sont en liaison directe et envoient leurs messages directement et explicitement au destinataire. La seule contrainte est la connaissance de l'agent destinataire : Si un agent A connaît l'agent B alors il peut entrer en communication avec lui [Vernadat et Azéma, 1992]. Les systèmes d'acteurs en sont l'illustration parfaite [Hewitt, 1977].

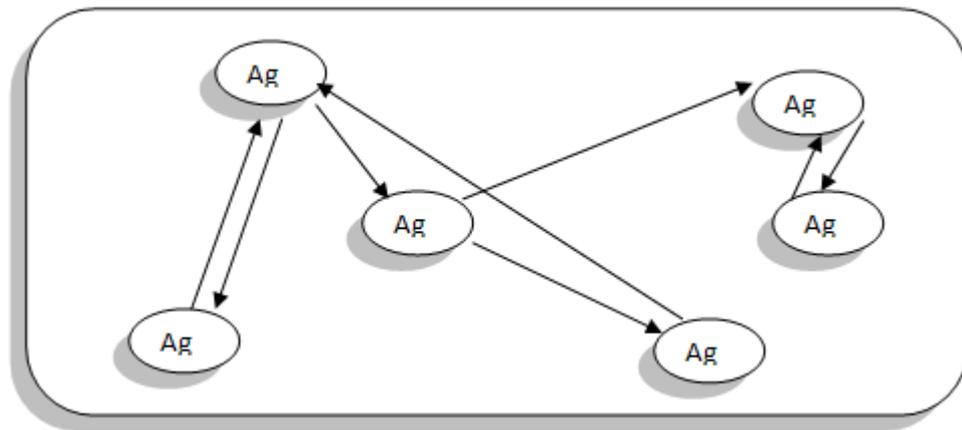


Fig. 1.1. Communication par envoi de messages

4.6.1.2. Communication par partage d'informations:

En intelligence artificielle la technique du tableau noir (blackboard) est très utilisée pour spécifier une mémoire partagée par divers systèmes. Les composants (les agents) ne sont pas en liaison directe mais communiquent via une structure de données partagée, où on trouve les connaissances relatives à la résolution (état courant du problème) qui évolue durant le processus d'exécution.

Dans ce mode de communication on parle plutôt de sources de connaissances que d'agents, où Le tableau noir est en général partitionné en plusieurs niveaux qui sont spécifiques à l'application. Les agents qui travaillent sur un niveau particulier peuvent accéder aux informations contenues dans le niveau correspondant du tableau noir ainsi que dans des niveaux adjacents.

Le mécanisme *blackboard* est constitué de trois éléments principaux :

✓ *Les sources de connaissances* : la connaissance du domaine est partagée entre les sources de connaissances.

✓ *Le blackboard* : la mémoire partagée, où on trouve les connaissances relatives à la résolution du problème.

✓ *Le contrôle* : pour gérer les conflits d'accès au tableau.

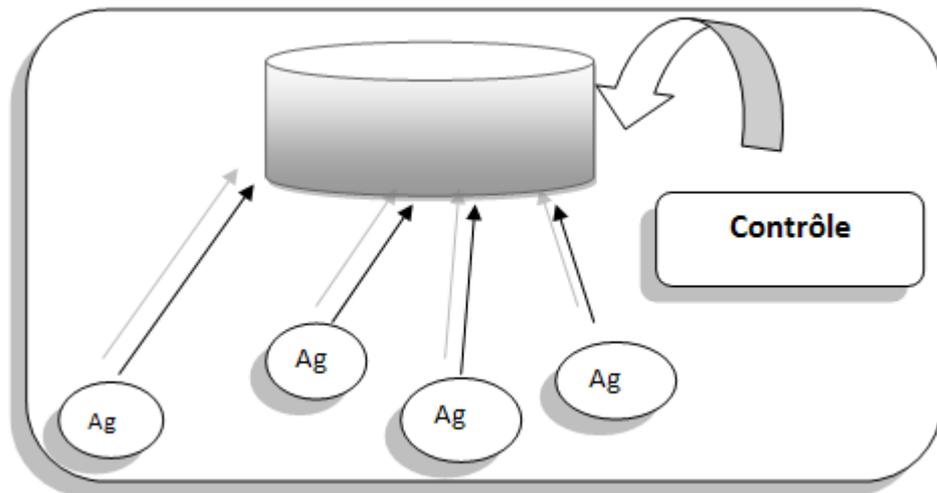


Fig. I.2. Communication par partage d'information

5. Conclusion

Nous avons présenté dans ce chapitre une vision générale sur les agents et les systèmes multi-agents, ces systèmes qui ont porté résolution aux problèmes de l'IA classique sont organisés dans des sociétés d'agents qui interagissent, communiquent et coopèrent entre eux pour accomplir une tâche bien déterminée. Nous expliquons tout d'abord comment une vision distribuée de l'intelligence artificielle est apparue pour faire face à la complexité des tâches à réaliser. On s'oriente progressivement vers la présentation des concepts d'agent et de Système Multi-Agent. Dans ce chapitre, nous nous sommes focalisé sur les agents logiciels. Plus ou moins « intelligents » (au sens de l'intelligence artificielle), ils se caractérisent particulièrement par leur capacité sociale, de communication et encore de coordination.

Communication entre agents

Chapitre 2

Sommaire

1. Introduction	29
1.1. Communication interhumaine et inter-agents :	29
2. Des actes de langage aux langages de communication agent (ACLs)	30
2.1. Théorie des actes du langage : « Quand dire c'est faire. »	30
2.1.1. les actes de langage de Searle et Vanderveken :	32
2.2. Les langages de communication agent (ACLs) :	33
2.2.1. KQML [Knowledge Query and Manipulation Language]	34
2.2.2. FIPA-ACL	34
2.2.3. ARCOL [ARTimis Communication Language]	35
2.2.4. ICL [InterAgent Communication Language]	35
2.2.5. AOP [Agent Oriented Programming]	35
2.2.6. MAC [Mobile Agent Communication]	35
2.2.7. Autres ACLs	36
3. Généralités sur le dialogue	37
3.1. Définition :	37
3.2. Typologie des dialogues	37
4. Dialogues entre agents : des approches intentionnelles aux approches conventionnelles	39
4.1. Approches basées sur les états mentaux (Approches intentionnelles)	39
4.1.1. Approche par planification de Allen, Cohen et Perrault :	40
4.1.2. KQML	45
4.1.3. Sémantiques mentalistes des ACLs	49
4.1.4. Limites des approches basées sur les états mentaux	52
4.2. Approches conventionnelles et sociales	53
4.2.1. Fondements philosophiques des approches conventionnelles et sociales :	53
4.2.2. Les travaux de Singh	54
4.2.3. Les travaux de Colombetti	56
4.2.4. Les travaux de Flores	57
4.2.5. Approche de McBurney et Parsons	58
4.2.6. Autres approches :	59
4.2.7. Avantages des approches conventionnelles et sociales :	59
4.2.8. Limites des approches conventionnelles et sociales	60
5. Conclusion	61

1. Introduction

La communication entre agents est primordiale à l'intérieur des systèmes multi agents. Les agents d'un système multi-agents doivent communiquer pour se coordonner et pour échanger de l'information. Les agents peuvent donc, par l'intermédiaire de la communication, échanger de l'information et des connaissances pour déterminer leurs actions en fonction du comportement des autres agents du système.

Le but de ce chapitre est de présenter les différents modèles de dialogue agent développés jusqu'ici. Tout d'abord On y introduit la théorie des actes de langage qui sert de fondement aux formalismes de représentation des énoncés, ensuite on présente les deux grandes familles d'approches, discriminées selon leurs fondements théoriques très différents, sont détaillés :

Les approches basées sur les états mentaux :

Ces approches supposent que le dialogue émerge de l'enchaînement des différents messages que s'échangent les agents grâce au raisonnement des agents sur leurs intentions et croyances ont donné naissance à de nombreux langages de communication agents dotés de sémantiques mentalistes.

Les approches basées sur les engagements sociaux :

Ces approches sont centrées sur la structuration du dialogue et leur sémantique s'exprime en termes d'engagements sociaux.

Pour ces deux approches on présente les avantages et l'inconvénient connus des ces deux familles.

1.1.Communication interhumaine et inter-agents :

Comme nous l'avons déjà cité la communication entre agents est un point primordial dans une communauté d'agents. Pour donner aux agents la possibilité de partager résultats, données ...etc. On constate que les modèles des communications des agents cognitifs sont basées sur les ceux issus de la communication entre humains. Car l'interaction dans ce type de systèmes implique des techniques de communication plus sophistiquées que les celles entre modules logiciels. [Pasquier et Chaib-draa, 2005] en effet pour tels systèmes, il faut pendre en compte :

– *l'hétérogénéité des agents* : les messages doivent être mutuellement compréhensibles alors que les points de vue des agents ne sont pas forcément mutuellement consistants.

– *l'échange de savoir* : un agent rationnel doit pouvoir manipuler des croyances sur les autres et en particulier sur leurs comportements, croyances et intentions.

– *le contrôle local* : les agents doivent être autonomes. C'est-à-dire que leur comportement ne doit pas dépendre d'un planificateur central ni d'interactions prédéfinies. L'agent doit être capable de développer sa propre stratégie de communication dynamiquement.

– *la structure organisationnelle* : Pour éviter l'explosion combinatoire de la quantité de communications au sein du système, il est commun d'avoir recours à une structure organisationnelle qui distribue les rôles ainsi que les relations hiérarchiques et les comportements attendus qui leur sont associés.

2. Des actes de langage aux langages de communication agent (ACLs)

2.1. Théorie des actes du langage : « Quand dire c'est faire. »

La théorie des actes du langage considère les énoncés que nous produisons lorsque nous communiquons de la même façon que toute autre action que nous pouvons réaliser. Cette théorie provient de la philosophie du langage et ce sont principalement les travaux d'Austin [Austin, 1962] et de Searle [Searle, 1969] qui sont à la base de celle-ci. Vu sa nature formelle, cette théorie, qui s'appliquait à la base au langage naturel, est grandement utilisée dans la conception de langages de communication agent. En fait, lorsqu'on applique la théorie des actes du langage à la communication agent, tous les énoncés produits lors d'une conversation sont vus comme des actions qui modifient les croyances et les connaissances des agents qui participent à la conversation.

L'idée maîtresse de cette théorie est qu'une instance d'utilisation de la langue est une action comme les autres : « dire c'est faire » [Austin, 1962]. Par exemple, lorsqu'on fait une promesse, on ne fait pas qu'énoncer un message, on s'engage à respecter le contenu de cette promesse. Pour chaque acte de langage « primitif », on distingue trois composantes qui peuvent être vues comme trois actes :

Acte locutoire ou locution : l'acte locutoire, ou fait de dire quelque chose, de prononcer une phrase (réalisation grammaticale et articulatoire de la phrase selon les règles syntaxiques et phonologiques) .correspond simplement à la production de l'énoncé du locuteur qui est perçu par l'interlocuteur. Si l'énoncé produit par le locuteur est vraiment celui qui a été perçu par l'interlocuteur, on dira que l'acte locutoire est un succès.

Exemple :

Qui a gagné la coupe du monde cette année ?

Acte illocutoire ou illocution : l'interlocuteur (ou les interlocuteurs, le cas échéant) a perçu l'énonciation. Il lui faut interpréter le sens de l'énoncé en termes de son contenu propositionnel. Si l'interlocuteur interprète bien les intentions du locuteur on dira que l'acte illocutoire a réussi.

Exemple : «salut», « السلام عليكم », « hi », sont trois énoncés différents qui correspondent à un seul acte locutoire de contenu propositionnel.

Acte perlocutoire ou perlocution : un tel acte porte sur les effets du message sur le destinataire : action, modification de croyance, modification de ses attitudes propositionnelles (AP). L'effet perlocutoire concerne la réaction du destinataire, les effets de son interprétation sémantique du message.

Exemple : En posant une question, je peux m'attendre, au niveau perlocutoire, à toute une série de réactions possibles.

Austin conclut que toute phrase énoncée sérieusement correspond au moins à l'exécution d'un acte locutoire et à celle d'un acte illocutoire, et parfois aussi à celle d'un acte perlocutoire.

Analysons un exemple d'énoncé pour bien comprendre les trois aspects d'un acte du langage. Considérons l'énoncé suivant émis par le locuteur X et entendu par l'interlocuteur Y :

A : défense de fumer

L'acte locutoire de cet énoncé est réalisé lors de la prononciation de celui-ci par le locuteur X. De son côté, l'acte illocutoire peut aussi bien être une information qu'une

directive. En effet, en énonçant ce message, X veut simplement informer qu'il est interdiction de fumer, mais il est également possible qu'il désire que B jette sa cigarette. Pour ce qui est de l'acte perlocutoire, il dépend de l'interprétation que fait Y du message envoyé par X.

Selon Austin, l'acte illocutoire est l'acte de langage essentiel. Notons que le terme acte de langage est souvent employé pour désigner en acte illocutoire.

2.1.1. les actes de langage de Searle et Vanderveken :

Selon Searle et Vanderveken, on peut distinguer cinq types d'actes de langage) :

1. *assertif/représentatif* : le locuteur exprime un contenu propositionnel qui se réfère au monde passé, actuel ou futur tel qu'il se le représente. Exemples d'actes illocutoires assertifs : affirmation, assertion, conjecture, rappel, accusation, témoignage, prédiction,

2. *directif* : le locuteur donne une directive représentée par le contenu propositionnel au(x) destinataire(s). Exemples d'actes illocutoires directifs : ordre, demande, prière, invitation, conseil, recommandation,...

3. *commissif/promissif/engageant* : le locuteur s'engage (vis-à-vis du destinataire) à accomplir l'action représentée par le contenu propositionnel. Exemples d'actes illocutoires promissifs : promesse, menace, renonciation, acceptation, serment,

4. *expressif* : le contenu propositionnel concerne l'humeur mentale et l'affect du locuteur. Exemples d'actes illocutoires expressifs : déclaration d'amour, félicitation, remerciement, insulte, . . .

5. *déclaratif* : le locuteur accomplit l'action représentée par le contenu propositionnel du simple fait de sa locution. Exemples d'actes illocutoires déclaratifs : excommunication, nomination, ratification, ajournement, bénédiction, . . .

Certains chercheurs ont observé que les actes de langages les plus utilisés dans les systèmes multi agents sont les assertifs et les directifs. Ceci signifie que les systèmes multi agents ne sont pas forcés d'utiliser tous les types d'actes du langage.

2.2. Les langages de communication agent (ACLs) :

Les communications, dans les systèmes multi agents comme chez les humains, sont à la base des interactions et de l'organisation sociale. Sans communication, l'agent n'est qu'un individu isolé, sourd et muet aux autres agents. C'est parce que les agents communiquent qu'ils peuvent coopérer, coordonner leurs actions, réaliser des tâches en commun et devenir ainsi de véritables êtres sociaux. Plusieurs langages de communication ont été proposés et plusieurs systèmes multi agents dont les paradigmes de communication se ressemblent, sont en train de se pencher sur les problèmes d'interopérabilité et d'ouverture. La propriété essentielle qui rend le langage utile, c'est que le sens de ses signes soit partagé. Donc il a besoin au minimum de :

- L'ontologie des services constitue l'ensemble des noms et des adjectifs partagés par les agents. Cet ensemble représente un dictionnaire très utile pour permettre aux agents de se comprendre. Grâce à ce dictionnaire, les agents peuvent chercher leurs besoins plus facilement et de manière plus efficace ;
- des actes de langage utilisant cette ontologie qui servent de briques de bases de la communication et correspondent aux attitudes propositionnelles transmises entre les agents.

En effet, un Langage de Communication Agent (ACL de l'anglais Agent Communication Language) doit être conçu comme un langage de haut niveau qui assure en premier lieu l'échange d'états mentaux et le sens du vocabulaire [Boissier 2001]. Le format utilisé pour l'échange des connaissances est donné par un langage de contenu, indépendant du langage ACL (p.ex. KIF, FIPA-SL, FIPA-CCL). Le vocabulaire commun concerne les définitions précisées dans une ontologie. Ces composants sont représentés dans la figure **Fig. 2.1**.



Fig. 2.1 Modèle des Langages de Communication entre Agents

Les aspects techniques d'implantation d'un ACL concernent l'existence dans le système de communication entre les agents des mécanismes ci-dessous:

- ✓ Des protocoles pour la couche de transport utilisé (TCP/IP, UDTP, SMTP, IIOP, HTTP)
- ✓ Des protocoles de haut niveau (ex. contract-net, licitations ('auctions'), enregistrement des noms)
- ✓ Des services d'infrastructure (broker, facilitateurs, loggers etc.)
- ✓ Un mécanisme de contrôle de la communication au sein des agents.

Les sections suivantes présentent la palette des ACLs actuels, dont les deux plus connus et « standards » sont KQML et FIPA-ACL.

2.2.1. KQML [Knowledge Query and Manipulation Language]

KQML (Knowledge Query and Manipulation Language) est issu d'un projet de la DARPA [Finin, Fritzson, James, 1995] est un langage qui vise à définir un ensemble d'actes de langage qui soient standards et utiles. Ces actes de langages, appelés aussi performatives, sont utilisés par les agents pour échanger des informations. Un message est divisé en trois couches : La couche communication, La couche message et La couche contenu.

2.2.2. FIPA-ACL

C'est avec le but de créer un langage de communication agent standard que l'organisme international FIPA (Foundation for Physical Intelligent Agents) a créé le langage FIPA-ACL [FIPA, 2009]. FIPA-ACL a également été conçu pour palier aux faiblesses des différentes versions de KQML. Tout comme KQML, FIPA-ACL se base sur la théorie des actes du langage et la structure de ses messages est similaire à celle des messages KQML. FIPA-ACL diffère de KQML en ce qu'il a été directement doté d'une sémantique. En effet, la version originale de KQML ne décrivait que la syntaxe de ses messages et rien n'était dit sur leur sens précis (indépendamment qu'ils correspondaient grossièrement à différents types d'actes de langage). Ce n'est que plus tard, qu'une sémantique a été proposée pour KQML. Les aspects sémantiques des langages de communication agents seront présentés en détail en cours de ce mémoire.

2.2.3. ARCOL [ARTimis Communication Language]

Le langage ARCOL (ARTimis Communication Language) défini dans la technologie d'agents artificiels Artimis par France Télécom pour agents communicants [Sadek, Bretier et Panaget, 1997]. Il a été adopté comme standard de communication par FIPA (Foundation for Intelligent Physical Agent) sous la forme générique ACL (Agent Communication Language).

2.2.4. ICL [InterAgent Communication Language]

Le protocole de communication inter-agents, Interagent Communication Language. Elle repose sur le formalisme Prolog (programmation déclarative par expression de buts à atteindre et de conditions pour réaliser ces buts). Elle permet une abstraction par rapport à l'ensemble des détails propres à chaque plate-forme.

ICL intègre une couche de protocole de communication similaire à celle fournie par KQML, ainsi qu'une couche de contenu, semblable à celle de KIF. La couche de communication d'ICL est définie par les types d'événements, ainsi que les listes de paramètres associés à certains de ces événements. La couche d'événements, elle, regroupe les buts spécifiques, les *triggers* (déclencheurs d'événements) et les données pouvant être accessibles par les différents événements.

2.2.5. AOP [Agent Oriented Programming]

OOP est un paradigme en ce sens que de nos jours c'est la manière quasiment unique de concevoir un langage de programmation. Shoham [Shoham, 1993] a été le premier à transposer ce modèle d'abstraction aux systèmes multi-agents sous le nom de AOP (Agent-Oriented Programming). Son modèle (qui n'est pas arrivé à s'imposer dans le domaine multi-agents comme OOP en programmation) est en fait un modèle BDI (Belief, Desire, Intention) de représentation cognitive. AOP ne dispose que de trois primitives communicationnelles composables : Inform, Request, Unrequest.

2.2.6. MAC [Mobile Agent Communication]

Un agent mobile est un agent capable de se déplacer dans son environnement, qui peut être physique (réel ou simulé) ou structurel (niveaux d'exécution par exemple). Un agent mobile dispose donc de dispositifs assurant sa mobilité [Briot et Demazeau, 2001]. De tels agents sont considérés comme de simples processus et non comme des

agents cognitifs disposant d'attitudes mentales et évoluant dans une organisation sociale. Ainsi, les mécanismes de communication pour de tels agents ne sont pas à proprement parlé des ACLs et se limitent généralement à de simples mécanismes de passages de messages. Plusieurs alternatives, plus primitives que les ACLs, peuvent être utilisées : RMI [Remote Method Invocation], CORBA [Common Object Request Broker Architecture].

Un exemple d'agents mobiles communicants par RPC [Remote Procedure Call] ou passage de message sont les Aglets (AGile appLETS) : Elle a été développée par une équipe de chercheurs du laboratoire de recherche d'IBM à Tokyo au début 1995[Lange et Oshima, 1998].

2.2.7. Autres ACLs

On compte un certain nombre d'autres ACLs :

Cool : un ACL conçu par l'Université Technique de Berlin et l'Enterprise integration Laboratory à l'Université de Toronto.

- Fondé sur KQML
- Distinction de trois niveaux dans les interactions entre agents :
 - ✓ Contenu de l'interaction (abordé par les ontologies KIF)
 - ✓ Intention de l'interaction (abordé par KQML)
 - ✓ Conventions d'interaction (abordé par un langage de coordination COOL)

LOGOS : un ACL développé par la NASA avec des éléments spécifiques au contrôle aérien.

PLACA : langage dérivé d'AGENT-0 et KQML pour intégrer les intentions et des éléments de planification.

APRIL et **MAIL** : langages développés dans le cadre du projet ESPRIT : IMAGINE.

3. Généralités sur le dialogue

3.1. Définition :

Ce qui différencie le dialogue du simple échange de messages, c'est la recherche d'une intercompréhension. Les agents doivent s'assurer qu'ils se comprennent pour construire des interprétations communes lors de leurs dialogues. Cependant, la construction d'une interprétation commune ne signifie pas que les interlocuteurs doivent être d'accord. Ils peuvent avoir l'interprétation commune de leur désaccord.

La recherche d'une inter-compréhension optimale est facilitée par [Pasquier, Chaib-draa, 2005] :

- ✓ La recherche d'un langage commun les agents doivent tout d'abord posséder un langage de communication.
- ✓ Ce langage doit posséder une sémantique précise qui permet aux agents qui communiquent d'interpréter correctement les énoncés produits.
- ✓ La capacité à détecter les ambiguïtés et les incohérences dans le discours d'autrui ;
- ✓ Les échanges correctifs : la qualité de l'inter-compréhension repose sur des interprétations. Comme il peut toujours y avoir erreur d'interprétation, la capacité à corriger sa compréhension ou celle d'autrui est fondamentale.
- ✓ La capacité à méta-communiquer : l'évitement et la résolution de conflits de compréhension peuvent nécessiter de dialoguer sur l'activité de dialogue en cours.

3.2. Typologie des dialogues

Vanderveken [Vanderveken, 1999] propose une classification basée sur les directions d'ajustement :

Les conversations avec la direction d'ajustement des mots aux choses ont le but discursif descriptif: elles servent à décrire ce qui se passe dans le monde. Telles sont les descriptions, les nouvelles, les reportages, les procès verbaux, les expertises, les bilans, les bulletins de nouvelles, les prophéties, les commentaires, les entrevues, les exposés, les débats théoriques, les récits historiques, les rapports, les argumentations, les leçons, les interrogations et les examens à l'école.

Les conversations avec la direction d'ajustement des choses aux mots ont le but discursif délibératif: elles servent à délibérer sur les actions futures que leurs interlocuteurs devraient s'engager à faire dans le monde. Telles sont les délibérations, les sermons, les instructions, les pétitions, les recours, la propagande, les négociations, les marchandages, les consultations, les annonces de publicité, les exhortations, les plans de travail, les règlements, les réquisitions, les accords et les compromis.

Les conversations avec la double direction d'ajustement ont le but discursif déclaratoire: Elles servent à transformer le monde en y accomplissant des actions par déclaration. Telles sont les investitures, les législations, les réglementations déterminant la conduite à suivre dans certains jeux ou cérémonies, les créations de nouvelles signalisations et langues symboliques, les discours religieux tenus lors de l'administration de sacrements comme le baptême, le mariage et de la formulation de traités entre états et de jugements à la court.

Enfin les conversations avec la direction vide d'ajustement ont le but discursif expressif: elles servent à exprimer les attitudes de leurs interlocuteurs. Telles sont les séances d'hommages, les éloges, les protestations verbales, les huées, les bravos et les repentirs.

Notons que le choix du type de dialogue dépend du contexte [Pasquier, B Chaib-draa, 2005]. On distingue les aspects statiques des aspects dynamiques du contexte. Pour les aspects statiques, il identifie :

✓ *Le contexte physique et perceptuel :*

✓ *Co-présence :* c'est la situation de dialogue élémentaire (parce que la plus commune), le « face à face », dialogue oral, à un endroit donné et à un moment précis.

✓ *Non co-présence :* le dialogue est médiatisé (téléphone, courriel, courrier) par l'oral ou l'écrit.

✓ *Le contexte social :* les rôles sociaux des interlocuteurs sont porteurs de droits et d'interdictions liés à l'activité dialogique (par exemple : professeur-élève, policier-témoin, patient-médecin, directeur-employé, client-vendeur, . .). Généralement, l'interlocuteur qui a l'initiative est celui qui guide la discussion. Dans le cas général, on parle de dialogues d'initiatives mixtes.

✓ *Le contexte cognitif :* ce contexte contient les différentes attitudes mentales des interlocuteurs. Il est donc essentiellement dynamique. Les aspects

statiques qui peuvent être isolés en début de dialogue sont : l'identité des interlocuteurs, les capacités qu'on leur prête (on attribue certaines capacités, différentes, à un enfant ou à une machine, . . .) et le but principal de la conversation qui explique l'entrée en dialogue.

4. Dialogues entre agents : des approches intentionnelles aux approches conventionnelles

Dans cette section Nous présenterons d'abord *les approches intentionnelles* : Ces approches supposent que le dialogue émerge de l'enchaînement des différents messages que s'échangent les agents. En fait, les agents doivent, lors de la réception d'un message, reconnaître les intentions du locuteur d'un tel message. Les langages de communication créés selon cette approche possèdent donc une sémantique mentaliste, car ils se basent sur les états mentaux des agents.

Nous présenterons ensuite *les approches conventionnelles et sociales* : qui sont l'hybridation des approches conventionnelles et des approches sociales Les approches sociales sont centrées sur la structuration du dialogue et leur sémantique s'exprime en termes d'engagements sociaux. Dans les approches conventionnelles les agents sont poussés à respecter certaines contraintes (conventions sociales) lors du dialogue.

4.1.Approches basées sur les états mentaux (Approches intentionnelles)

Les approches basées sur les états mentaux sont utilisés pour modéliser les conversations et de définir une sémantique formelle des actes de langage. Elles considèrent que c'est les intentions des agents qui dirigent le dialogue. Un agent communique donc avec une intention, cette intention est reconnue par l'interlocuteur du message et les états mentaux des agents participant à la communication sont modifiés conformément à cette intention. Un acte du langage modifie donc l'état du monde en modifiant les états mentaux de ceux qui le produisent et le reçoivent. Selon ces approches, le dialogue est censé émerger dans l'enchaînement des actes du langage.

Dans cette section, nous allons citer trois principales propositions dans cette démarche: l'approche par planification d'Allen, Cohen et Perrault, le langage KQML et le langage FIPA-ACL. Débutons en présentant l'approche de Allen, Cohen et Perrault.

4.1.1. Approche par planification de Allen, Cohen et Perrault :

A la fin des années 1970, les plans sont légitimement les premières structures auxquelles les chercheurs pensent lorsqu'ils tentent de formaliser les notions intentionnelles. En considérant la planification comme une recherche dans un espace d'état, le problème est de passer d'un état initial à un état final souhaité en utilisant différents opérateurs. Les opérateurs représentent les actions qui permettent de passer d'un état à un autre. Un des premiers planificateurs de ce type fut le célèbre STRIPS. Un peu plus tard, le planificateur NOAH. Les opérateurs utilisés comportent donc : un entête, des pré-conditions, un corps et des effets.

Nous parlerons de *construction de plan* lorsque nous étudierons la manière dont, en tant qu'acteur, nous planifions nos actions en vue d'un objectif donné. Et nous parlerons de *reconnaissance de plan* lorsque, en tant qu'observateur d'une action ou d'une suite d'actions réalisées par un autre agent, nous tentons de reconstituer son plan.

Allen, Cohen et Perrault [Allen et Perrault, 1980] ont été les premiers à développer un système de planification pour le dialogue, inspirés des travaux de Bruce. Dans leur modèle, les intervenants sont dotés d'états mentaux (Want pour l'intention, Bel pour la croyance, Know pour la connaissance, c'est-à-dire la croyance justifiée et MB pour la croyance mutuelle)

Les actes du langage sont définis en utilisant la notation STRIPS. Les actes du langage sont représentés comme des actions, ils sont définis par des pré-conditions, des effets et un corps, eux-mêmes définis à partir des croyances, des connaissances et des désirs des agents. Où Les plans sont reconstruits par l'interlocuteur à partir de la connaissance des opérateurs et de règles de construction de plan.

Croyances, connaissances et désirs

Allen, Cohen et Perrault ont utilisé une logique multimodale augmentée d'opérateurs permettant de représenter les croyances, les connaissances et les désirs des agents. Nous présentons dans le tableau au dessous les trois opérateurs de base qui ont servi à définir les états mentaux des agents et les actes du langage. On retrouve à l'intérieur du tableau la notation utilisée et la signification de chacun des opérateurs [Mathieu, 2005] .

Opérateur	Notation	Signification
Croyance	BELIEV E (A, P)	L'agent A croit que la proposition P est vraie
Connaissance	KNOW (A, P)	L'agent A sait que la proposition P est vraie
Désir	WANT (A, P)	L'agent A désire réaliser P

Tab .2.1 Tableau des opérateurs de croyances d'Allen, Cohen et Perrault.

Maintenant que nous avons présenté les opérateurs, nous allons observer comment Allen, Cohen et Perrault ont défini les actes INFORM et REQUEST à l'aide de la notation STRIPS et des opérateurs que nous venons de présenter. La définition de l'acte INFORM (A, B, P) qui permet a un agent A d'indiquer à un agent B qu'une proposition P est vraie est présentée dans le tableau **Tab. 2.2**.

Entête	Inform(A;B; p)	L'agent A d'indiquer à un agent B qu'une proposition P est vraie
Pré conditions	KNOW(A, P) \wedge WANT(A, NFORM(A,B, P))	l'agent A doit tout d'abord savoir que P est vraie et il doit avoir le désir d'informer B que P est vraie
Corps	BELIEV E(B, WANT(A, KNOW(B, P)))	B croit que A avait l'intention qu'il connaisse (B) la valeur de vérité de P.
Effets	KNOW (B, P)	l'agent B croit que P est vrai

Tab .2.2 Définition de l'acte INFORM.

La définition de l'acte REQUEST (A, B, ACT) est illustrée dans le tableau **Tab .2.3.**

Entête	REQUEST(A,B,ACT)	une requête pour une action ACT à un certain agent B
Préconditions	WANT(A,ACT(B))	un agent A doit tout d'abord désirer que l'agent B réalise l'action ACT
Corps	WANT(B,ACT(B))	l'agent B a reconnu les intentions de l'agent A.
Effets	B(B, WANT(A,ACT(B)))	B désire également réaliser l'action ACT après l'exécution de la requête.

Tab .2.3 Définition de l'acte REQUEST.

L'hypothèse centrale est que les actes de langage sont planifiés au même titre que les autres actions. Les plans sont reconstruits par l'interlocuteur à partir de la connaissance des opérateurs et de règles de construction de plan de la forme :

Want(A;X)) Want(A; Y) où X et Y sont donnés par le tableau **Tab. 2.4**.

X	Y
Action	Effet
Prédiction	Action
Corps	Action

Tab. 2.4 Éléments pour l'inférence de plans.

On serait donc tenté de dire que la reconnaissance d'intention implique simplement la mise en œuvre de règles permettant à l'interlocuteur, sur la base de ces règles de construction, d'inférer le plan du locuteur.

C'est vrai, mais c'est aussi un peu plus compliqué que cela car il convient de faire une distinction entre deux types de reconnaissance de plans :

La reconnaissance à l'insu : en inversant les règles d'élaboration de plan, l'auditeur peut retrouver le plan du locuteur.

La reconnaissance d'intention communicative : la reconnaissance à l'insu n'est pas suffisante pour reconnaître le plan que le locuteur souhaite transmettre, selon la définition de Grice. En fait, reconnaître l'intention communicative de Grice nécessite – au moins – un niveau supplémentaire d'imbrication :

Bel(B;Want(A;Bel(B;Want(A;X))))). Cette reconnaissance est nécessaire pour prendre en compte les actes de langage indirects.

Allen, Cohen et Perrault présentent donc un modèle très directement inspiré des notions philosophiques introduites (intention, coopération, actes de langage) qui possède l'avantage d'en offrir une traduction directe et relativement intuitive. L'importance historique de ce travail est tout à fait indéniable. Cette approche souffre d'au moins deux problèmes :

Le premier problème vient du fait que l'on s'intéresse à un seul énoncé à la fois. Les agents qui reçoivent un message tentent donc de reconnaître l'intention du locuteur à partir d'un seul énoncé alors qu'il est possible que cette intention se cache à l'intérieur d'une séquence de messages (reconnaissance incrémentale [Carberry, 1990]).

Le deuxième aspect problématique est relatif à la structure du dialogue en elle-même, qui est directement calquée sur celle de la tâche sous-jacente. De nombreux dialogues ne respectent pas cet isomorphisme. Par exemple, il se peut que nous ayons besoin de clarifier certains détails pour bien nous faire comprendre lors d'une conversation, mais il est impossible de planifier cette clarification.

Plans du domaine et plans du discours :

Pour Luzzati [Luzzati, 1989], le dialogue évolue en fait dans un espace à deux dimensions, défini par un axe lié à la réalisation de la tâche et un axe lié à la gestion de l'interaction. Lorsque ne survient aucun problème de communication, le dialogue progresse sur l'axe de la tâche. Dans le cas contraire, le dialogue change de direction et suit l'axe de gestion de l'interaction : on parle alors de dialogues incidents. Litman et Allen proposent de distinguer deux types de plans : les plans du domaine et les plans du discours.

- Les *plans de domaine* modélisent les tâches extra-linguistiques sous-jacentes au dialogue ;
- Les *plans de discours* sont des méta-plans qui permettent de manipuler la structure d'autres plans.

Litman et Allen distinguent trois types de relations :

- les relations de continuation (permettent de suivre le déroulement du plan, de commenter son exécution, etc.),
- les relations de clarification (permettent d'identifier un paramètre, ou proposent une correction du plan courant),
- et enfin les relations de changement de sujet (permettent d'introduire un nouveau plan, etc.).

La structure du dialogue est modélisée par une pile de plans du domaine et de méta plans. Cette pile (globale) est elle-même composée de (sous-)piles, chacune représentant un pas dans le plan du domaine. [Carberry, 1990] précise que ce modèle, bien que restrictif, semble assez conforme à la majorité des comportements dialogaux observés.

Aux manques de l'approche de Allen, Cohen et Perrault. Une approche plus récente de la planification conteste l'utilisation exclusive de structures de données (censées être partagées par les protagonistes), préférant traduire les plans en termes d'états mentaux (datastructure view of plans vs. mental phenomena view of plans). Pour Pollack [Pollack, 1990], l'utilisation de structures de données telles que celles proposées par les planificateurs classiques pose des problèmes :

- Il y a redondance des liens de cause à effet, car la même action représentée différemment évoquera l'une ou l'autre ;
- La notion de pré-condition est ambiguë : est-ce que l'action est déclenchée lorsque les pré-conditions sont remplies ou est-ce que cela rend juste l'action possible ?

Pollack propose de voir les plans comme des collections d'attitudes mentales (autrement dit, avoir un plan c'est avoir certaines croyances et intentions). Pollack distingue donc clairement les *recettes* et les *plans*, comme suggéré par Bratman. Les recettes ne représentent que les moyens de réaliser une action.

Intéressons nous maintenant au langage de communication KQML qui est considéré comme étant le premier véritable langage de communication agent.

4.1.2. KQML

Le langage KQML (Knowledge Query and Manipulation Language) [Finin, Fritzson, James, 1995] est un langage qui vise à définir un ensemble d'actes de langage qui soient standards et utiles. Ces actes de langages, appelés aussi performatives, sont utilisés par les agents pour échanger des informations.

Avant de décrire les actes de langage que nous avons retenus, nous commençons tout d'abord par présenter KQML.

Les couches de KQML

Le langage KQML est structuré selon trois niveaux enchâssés [Finin, Fritzon, James, 1995] :

1. La couche de contenance : Cette couche contient une expression écrite dans un langage permettant de coder l'information à transmettre. Dans ce contexte, il est important pour deux agents qui veulent communiquer de se mettre d'accord sur l'utilisation d'un langage tel que KIF (Knowledge Interchange Format), Prolog, KQML ou autre, pour supporter le partage des connaissances.

2. La couche message : donne des indications sur le contenu du message, en particulier le langage et l'ontologie utilisés pour définir le contenu du message. C'est également dans cette couche que l'on retrouve le type de l'acte du langage qui est attaché au contenu. Le langage KQML permet l'utilisation de plusieurs actes du langage qui sont nommés performatifs.

3. La couche communication : Cette couche sert simplement à spécifier l'émetteur et le récepteur du message. Elle est minimale car KQML ne prend pas en charge le transport lui-même (TCP/IP, SMTP, IIOP ou autres).

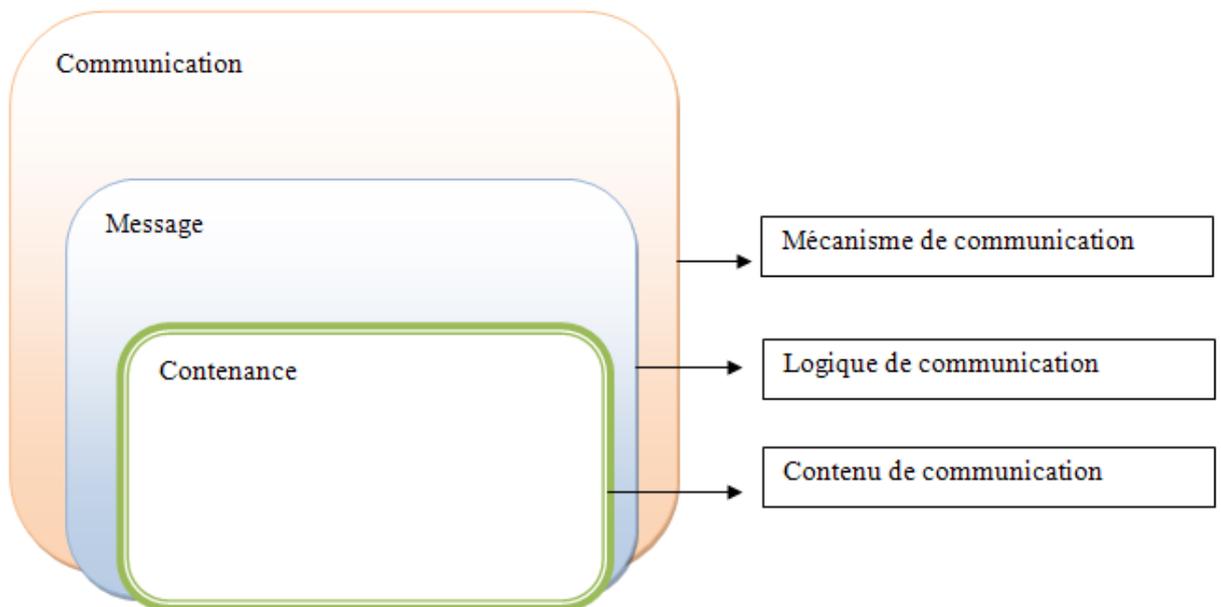


Fig. 2.2 Les trois couches d'un message KQML.

Formats KQML

Un message KQML prend donc la forme suivante :

(Format KQML

- :sender** L'émetteur du message.
- :receiver** Le récepteur du message.
- :language** Le langage du contenu.
- :ontology** L'ontologie du contenu.
- :content** Le contenu.

)

La liste complète de ces paramètres est résumée dans le tableau **Tab .2.5**.

Paramètre	Couche	signification
:sender	Communication	émetteur actuel de la performative
:receiver	Communication	récepteur actuel de la performative
:from	Communication	émetteur intermédiaire
:to	Communication	destinataire intermédiaire
:reply-with	Communication	référence de la réponse éventuelle
:in-reply-to	Communication	référence attendue lors d'une réponse
:language	Message	langage de représentation du paramètre :content
:ontology	Message	l'ontologie supposée du paramètre :content
:content	contenance	contenu de la performative

Tab. 2.5 Les paramètres d'un message KQML.

Par exemple, le message suivant est envoyé par l'agent A à l'agent B pour l'informer de son age :

```
(tell
  :sender A
  :receiver B
  :language Prolog
  :ontology Ontologie(1)
  :content old(A,25ans)
)
```

Le performatif du message est l'acte du langage tell car l'agent A désire informer l'agent B. L'expéditeur (sender) du message est donc l'agent A et l'agent B est le récepteur (receiver). Le langage (language) utilisé dans cet exemple est le langage Prolog. L'ontologie (ontology) se nomme Ontologie(1) et le contenu (content) contient l'énoncé Prolog old(A,25ans) qui indique l'age de l'agent A.

Les 35 performatives du discours

Le langage KQML définit plusieurs performatifs qui sont divisés en trois catégories de base :

Les 7 performatives de régulation de conversation. Leur rôle est d'intervenir dans le cours normal d'une conversation. Le cours normal d'une conversation est le suivant : l'agent A envoie à B un message KQML (débutant ainsi une conversation) et l'agent B lui répond s'il a une réponse à donner. Ainsi ces performatives peuvent soit terminer prématurément une conversation (par error ou sorry), soit outrepasser ce protocole par défaut (par standby, next, rest ou discard).

Les 17 performatives de discours. C'est la catégorie qui s'apparente le plus aux actes de discours dans le sens linguistique. Bien sûr l'idée de donner un format explicite aux réponses (comme dans stream-all ou ask-one) est inhabituelle dans la perspective de la théorie des actes du langage, mais ces réponses représentent néanmoins encore des actes du langage au sens strict du terme. Elles s'utilisent dans un contexte de discours entre 2 agents s'échangeant des informations et des connaissances.

Les 11 performatives d'assistance et de réseau. Ces performatives ne sont pas des actes de langage dans le vrai sens du terme. Elles sont avant tout des performatives qui

permettent à des agents de trouver d'autres agents qui puissent traiter leurs demandes. Ces performatives nécessitent le passage en quelque sorte par des agents intermédiaires, appelés ici agents assistants.

Avantages et désavantages de KQML

Tout d'abord, nous devons mentionner que KQML est le premier véritable langage de communication agent, ce qui fait de lui un langage fort utilisé. De plus, KQML est considéré comme étant un langage indépendant, car il peut être utilisé avec n'importe quel protocole de transport, il permet l'utilisation de plusieurs langages de représentation du contenu et l'utilisation de plusieurs ontologies. Il est également extensible, car nous pouvons facilement lui ajouter de nouveaux performatifs et de nouvelles ontologies.

Toutefois, KQML présente quelques lacunes que Cohen et Lévesque ont identifiées. Tout d'abord, certains performatifs du langage sont ambigus puisque KQML ne fournit pas une sémantique claire des performatifs. De plus, Cohen et Lévesque considèrent que le choix des performatifs qui forment le langage laisse à désirer dans la mesure où certains performatifs qui ne font pas partie du langage devraient s'y retrouver.

Par exemple, le langage KQML ne permet pas d'effectuer des actions promissives et un langage de communication agent qui ne considère pas cette catégorie d'action ne peut pas être considérée comme étant un langage robuste selon Cohen et Lévesque.

Suite à ces différentes critiques, Labrou [Labrou, 1996] a développé une sémantique pour le langage KQML, ce qui a donné naissance à une deuxième version du langage KQML.

4.1.3. Sémantiques mentalistes des ACLs

Les sémantiques mentalistes des ACLs (on les nomme ainsi du fait de leur référence systématique aux états mentaux) s'inspirent directement des approches intentionnelles logiques discutées ci-dessus. Comme l'indiquent Chaib-draa et Vanderveken [Chaib-draa et Vanderveken, 1998], fournir une sémantique formelle aux actes de langage va permettre d'analyser rigoureusement l'utilisation des communications aussi bien dans les SMAs que dans les sociétés humaines. Avant de parler de la sémantique des ACLs, rappelons que l'on envisage généralement la

sémantique des langages formels à l'aide de pré-conditions indiquant à partir de quel état l'action peut être entreprise et de post-conditions indiquant ses effets.

Exemple

(inform

:sender A

:receiver B

:reply-with laptop

:language KIF

:ontology ordinateurs

:content (= (prix HP-Jet) (scalar 1500 USD))

:reply-by 10

:conversation-id conv01

)

Une sémantique pour KQML

Tout comme Allen, Cohen et Perrault, Labrou a défini des opérateurs permettant de représenter les états mentaux des agents pour définir la sémantique des performatifs.

Ces opérateurs sont les suivants :

1. L'opérateur de croyance (BEL (A, P)) : Cet opérateur indique que la proposition P est vraie pour l'agent A.
2. L'opérateur de connaissance (KNOW (A, S)) : Cet opérateur indique que l'agent A connaît l'état S.
3. L'opérateur de désir (WANT (A, S)) : Cet opérateur indique que l'agent A souhaite l'état S.
4. L'opérateur d'intention (INT (A, S)) : Cet opérateur indique que l'agent A a l'intention de rendre l'état S vrai..

Labrou a également défini deux opérateurs permettant de représenter des instances d'actions. Ces opérateurs sont les suivants :

1. L'opérateur de traitement (PROC (A, M)) : Cet opérateur indique que l'agent A traite l'information contenue dans le message KQML M.

2. L'opérateur d'envoi de messages (SEND (A, B, M)) : Cet opérateur indique que l'agent A envoie le message KQML M à l'agent B.

Maintenant que les opérateurs qui permettent de définir la sémantique des performatifs ont été présentés, nous pouvons regarder comment sont définis les différents performatifs. Tout comme Allen, Cohen et Perrault qui ont développé une sémantique des actes du langage en se basant sur la notation STRIPS, Labrou a développé la sémantique des performatifs de KQML en utilisant une notation similaire à celle de STRIPS. Les performatifs sont définis à partir de pré-conditions, de post-conditions et de conditions de terminaison. Les pré-conditions indiquent les états mentaux qu'un agent doit nécessairement posséder pour pouvoir utiliser un performatif et pour que le récepteur puisse l'accepter. Les post-conditions indiquent les états mentaux de l'émetteur après un énoncé réussi d'un performatif et ceux du récepteur après la réception du message. Finalement, la condition de complétude indique les états mentaux qui correspondent à la satisfaction de l'intention qui motive l'échange.

En utilisant cette notation, la sémantique du performatif **tellA;B(X)** qui permet à un agent A d'informer l'agent B sur le contenu X est définie comme suit (**Tab. 2.6**) :

	tellA;B(X)	signification
Pre(A)	BelA(X) ^KnowA(WantB(KnowB(S)))	A croit ce qu'il dit (X) et qu'il sache que le récepteur (B) veut/désire savoir quoi croire
Pre(B)	IntB(KnowB(S)) avec S = BelB(X) ou S = :BelB(X)	B doit vouloir savoir quoi croire sur X
Post(A)	KnowA(KnowB(BelA(X)))	
Post(B)	KnowB(BelA(X))	B peut conclure que A croit X
Termin aison	KnowB(BelA(X))	s'assurer que le performatif a réussi dans le contexte de communication de A et B.

Tab. 2.6 Sémantique des performatifs KQML tell.

Malgré l'élaboration d'une sémantique pour les performatifs du langage KQML, les critiques concernant le mauvais choix des performatifs demeurent toujours en vigueur et, même si KQML est très populaire, plusieurs chercheurs croient qu'il est nécessaire d'établir un standard dans le domaine des communications entre agents. C'est dans cette optique que le langage de communication agent FIPA-ACL a été créé.

4.1.4. Limites des approches basées sur les états mentaux

Même si les approches basées sur les états mentaux sont complètes puisqu'elles couvrent les trois composantes majeures de la communication (syntaxe, sémantique et pragmatique), de nombreux problèmes sont reliés à celles-ci [Pasquier, Chaib-draa, 2005].

1. Tout d'abord, la version théorique de ces approches est trop complexe pour pouvoir être implantée réellement. Les modèles mentaux impliqués sont généralement exprimés dans des logiques multimodales dont l'implémentation est encore un sujet de recherche.

2. la complexité des inférences : les algorithmes de reconnaissance de plan sur lesquels reposent les approches intentionnelles par planification sont combinatoirement intractables dans le pire des cas, et indécidables dans certains cas.

3. les agents doivent inférer les états mentaux des autres agents avec qui ils communiquent et déterminer les réponses possibles suite à cette inférence, ce qui est extrêmement complexe vu la grande richesse de la sémantique des actes du langage [Maudet et Chaib-draa, 2002].

4. la sémantique des messages : comme le rappellent Maudet et Chaib-draa [Maudet et Chaib-draa, 2002], dans les approches intentionnelles logiques, la sémantique des messages est formulée en termes d'états mentaux, aspects privés aux agents. Cela pose le *problème de la vérification sémantique* : pour que la sémantique des messages soit vérifiable, il faudrait avoir accès aux états mentaux privés des agents, ce qui n'est généralement pas possible. Le second problème majeur posé par cette formulation est *le problème de l'hypothèse de sincérité* nécessaire à la définition d'une telle sémantique. Cette hypothèse est jugée trop contraignante par la communauté SMA. Elle interdit notamment d'envisager correctement certains types de dialogues dans des domaines où une

telle hypothèse ne saurait tenir, comme c'est le cas par exemple pour les dialogues de négociation dans le commerce électronique.

5. les approches basées sur les états mentaux obligent les agents à être coopératifs. En effet, ces approches supposent que les agents reconnaissent les intentions, donc les buts des agents avec qui ils communiquent et qu'ils adoptent ces buts pour faire progresser le dialogue. Il est donc impossible d'analyser les dialogues qui ont lieu entre agents non coopératifs à l'aide des approches basées sur les états mentaux.

4.2.Approches conventionnelles et sociales

Une alternative à l'approche mentale a été proposée par Singh [Singh, 1998] et Colombetti [Colombetti, 2000] sous le nom de l'approche sociale. En opposition à l'approche mentale, cette approche souligne l'importance des conventions et le public et les aspects sociaux du dialogue. Il est basé sur les engagements qui sont considérées comme des notions sociales. Les engagements sociaux capturent les obligations que contractent les agents les uns envers les autres [Castelfranchi, 1995]. En effet, les engagements sociaux sont orientés et indiquent les responsabilités d'un agent envers un autre concernant une action à accomplir ou une proposition à maintenir.

4.2.1. Fondements philosophiques des approches conventionnelles et sociales :

Conventions, normes sociales et règles (Définitions) :

Une *convention* est une régularité qui existe au sein d'une communauté (sans pour autant avoir nécessairement fait l'objet d'accords explicites).

Les *normes sociales* sont généralement définies comme des conventions auxquelles sont associées des obligations sociales et des sanctions et dont le maintien ne peut pas être réduit à des considérations d'ordre rationnel.

Les trois types de régularités concerne conventions dans le dialogue sont [Allwood, 1994] :

- celles qui dépendent des relations au sein d'un énoncé entre ses différentes parties ;

-
- celles qui dépendent des relations entre énoncés (les approches conventionnelles se concentrent sur ce type de régularité) ;
 - celles qui dépendent des relations entre les facteurs globaux et les énoncés.

Un *projet conjoint* est une action commune proposée/suggérée par un des participants et acceptée/réalisée par tous. Un *projet conjoint* pourrait être un plan, une recette ou une procédure pour accomplir une activité ensemble [Chaib-draa et Vongkasem, 2000].

Les engagements sociaux :

Le point de vue mentaliste, centré sur l'agent-individu, n'aide pas à définir une sémantique pour tout ce qui est commun et partagé dans un groupe d'agents. Dans ce cadre, la communication agent souffre d'un manque de sémantique formelle concise et universellement acceptée, de sorte que la communication agent est restreinte à des domaines précis dans des environnements qui ne sont pas ouverts. Un certain nombre de solutions à ce problème ont été récemment proposées dans lesquelles le caractère social des agents est mis de l'avant [Singh, 1998]. La notion d'*engagement social*, présente notamment en dialectique formelle [Walton et Krabbe, 1995] a alors rapidement émergée comme permettant de capturer un niveau public du dialogue.

Les engagements sont sociaux : ce sont des engagements vis-à-vis d'autres membres d'une communauté. La particularité principale des engagements sociaux est qu'ils doivent être socialement établis. Ce sont des cognitions partagées, communes. En respectant la propriété d'autonomie des agents, la seule manière pour un agent de déterminer qu'un autre agent partage une cognition (en l'occurrence la connaissance d'un engagement social) est l'observation des actes de communications qui doivent permettre d'établir de nouveaux engagements. Finalement, on nomme créateur l'agent engagé et débiteurs celui ou ceux envers qui l'engagement est pris.

C'est en présentant l'approche de Singh que nous débutons la section.

4.2.2. Les travaux de Singh

Tout d'abord, un engagement social concerne deux agents : le créancier et le débiteur. Le débiteur représente l'agent qui s'engage sur un certain contenu (proposition ou action) et le créancier est l'agent envers qui le débiteur s'engage.

Précisément, dans l'approche de Singh, un engagement est représenté par le prédicat $C(x, y, G, p)$. Ce prédicat signifie que l'agent x (débiteur) s'engage envers l'agent y (créancier) dans un certain contexte G à respecter le contenu p de l'engagement.

Par ailleurs, Singh propose un ensemble d'opérations pouvant être effectuées sur les engagements dans le but de donner une certaine autonomie aux agents face à ces engagements. Ces opérations qui permettent aux agents de manipuler les engagements sont les suivantes :

- Création : Cette opération permet d'instancier un engagement.
- Déchargement : Cette opération est effectuée lorsque l'engagement est satisfait. L'engagement est satisfait lorsque son contenu est respecté.
- Annulation : Cette opération permet à l'agent débiteur d'un engagement de l'annuler.
- Libération : Cette opération permet à l'agent créancier d'un engagement de libérer le débiteur. Suite à une libération, le débiteur n'a plus à respecter l'engagement.
- Assignation : Cette opération permet de modifier le créancier d'un engagement. C'est le créancier courant de l'engagement qui a le pouvoir d'utiliser cette opération.
- Délégation : Cette opération permet de modifier le débiteur d'un engagement. C'est le nouveau débiteur de l'engagement qui a le pouvoir d'utiliser cette opération.

Il a destiné trois niveaux de sémantique, qui correspondent à trois assertions valides pour chaque acte de langage [Singh, 2000] :

Sémantique sociale :

Singh a proposé sa propre sémantique sociale pour ACL [Singh, 2000] comme une partie de sa théorie des agents sociaux. Il a défini trois niveaux de sémantique, qui correspondent à trois assertions valides pour chaque acte de langage [Singh, 2000] :

-
- *assertion objective* : la communication est vraie, c'est-à-dire que le locuteur s'engage sur son acte de langage. Par exemple, si le locuteur informe le groupe que p, alors il s'engage envers le groupe sur cette croyance.
 - *assertion subjective* : la communication est sincère. Par exemple, si le locuteur informe le groupe que p, alors il s'engage envers le groupe sur sa sincérité (supposée).
 - *assertion pratique* : la communication est justifiée. Par exemple, si le locuteur informe le groupe que p, alors il doit avoir des raisons de penser que p est vrai.

Singh encapsule donc l'approche mentaliste dans le niveau social. Il y a bien une différence entre le fait que le locuteur soit sincère (hypothèse de sincérité dans les approches intentionnelles) et dire qu'il est socialement engagé comme étant sincère. En outre, Singh et ses collaborateurs ont proposé de nombreux raffinements et applications de cette théorie générale.

4.2.3. Les travaux de Colombetti

Colombetti explore l'idée d'états mentaux sociaux à l'aide de la logique modale. Il distingue différents mécanismes par lesquels les agents pourraient acquérir des croyances communes : déduction, information montrée, observation mutuelle, communication intentionnelle. Sur la base de ces mécanismes, Colombetti [Colombetti, 2000] a proposé le langage ALBATROSS [Agent Language Based on the Treatment of Social Semantics] qui dans la même veine que les travaux de Singh. Donne une sémantique sociale (exprimée dans la logique temporelle CTL*) aux actes illocutoires courants. Pour cela, il a proposé une sémantique très similaire à celle développée par Singh et apporte une idée nouvelle en considérant deux types d'engagements : les engagements complets et les pré-engagements.

Dans un SMA, les agents sont autonomes et ont donc la possibilité de s'engager selon leurs désirs, mais ils ne peuvent pas engager d'autres agents sans obtenir leur consentement. Cependant, un agent peut proposer à un autre agent de créer un certain engagement le concernant et du même coup créer un pré-engagement. L'agent qui se fait proposer la création de l'engagement peut alors accepter ou rejeter le pré-engagement et si la création d'engagement est acceptée, le pré-engagement se transforme en engagement complet.

Colombetti utilise les engagements sociaux, car il croit que la rationalité des agents est importante pour la conception d'agents, mais il croit également que cette rationalité ne devrait pas faire partie de la sémantique d'un langage de communication agent. Colombetti croit également qu'il est important de faire le lien entre la sémantique des engagements et la rationalité des agents et il affirme que ce lien est créé à l'aide des concepts de violation d'engagements et de sanction. En fait, les agents qui s'engagent doivent agir rationnellement quand vient le temps de déterminer s'il est bon pour eux de respecter ou non un engagement. Si les sanctions qui s'appliquent lors de la violation de l'engagement sont trop élevées par rapport aux avantages que l'agent pourrait avoir s'il ne respecte pas son engagement, alors l'agent devrait rationnellement respecter cet engagement.

En conclusion, les approches strictement sociales, que ce soit celle Singh ou Colombetti, ont semblé à certains insuffisantes pour rendre compte de manière pratique de l'émergence des conversations entre agents de sorte que d'autres approches hybrides, mêlant les aspects conventionnels et sociaux ont été proposées [Pasquier et Chaib-draa, 2005].

4.2.4. Les travaux de Flores

Flores et al. [Flores, Kremer, 2004] ont également proposé une approche basée sur les engagements sociaux pour définir la sémantique des messages que s'échangent les agents lors d'une conversation. En fait, la sémantique des messages est définie selon trois niveaux :

- (1) le niveau structural ;
- (2) le niveau conversationnel ;
- (3) le niveau d'état d'engagement.

Le niveau structural permet de spécifier la signification d'un message en se basant sur le type de celui-ci. La définition du niveau structural est indépendante du contexte et donc de la conversation dans laquelle le message se retrouve.

Pour ce qui est du **niveau conversationnel**, il permet de spécifier la signification que prend le message lorsqu'il est énoncé. Ce niveau prend en compte le contexte d'énonciation du message : temps d'énonciation, messages antérieurs,... etc.

En dernier lieu, le **niveau d'état d'engagement** permet de définir les conséquences de l'énonciation du message en termes de modifications de la couche sociale (engagements sociaux).

4.2.5. Approche de McBurney et Parsons

McBurney et Parson [McBurney et Parson, 2002] ont proposé une autre approche utilisant explicitement des structures de jeux ayant pour ambition de représenter les types de dialogues proposés par Walton et Krabbe, ainsi que certains méta-dialogues. Pour ce faire, ils proposent un modèle en trois couches :

- (1) une couche de topiques qui définit quels sont les sujets possibles du dialogue,
- (2) une couche de dialogue et
- (3) une couche de contrôle.

Structure. Les jeux de dialogue sont définis dans la couche de dialogue et consistent en un système dialectique traditionnel composé de :

- (1) règles d'ouverture,
- (2) règles de locution,
- (3) règles de dialogue,
- (4) règles de mise à jour et
- (5) règles de terminaison.

Établissement. C'est la couche de contrôle qui assure l'acceptation via un méta-dialogue de contrôle auquel on suppose que les agents sont prêts à participer. Ce méta-dialogue de contrôle permet aux agents de décider conjointement des jeux de dialogue à jouer. Pour ce faire, des coups de méta-niveau sont définis (`begin(G(p)),end(G(p))`) et un coup spécial (`propose:return:control`) permet aux agents de remonter au niveau contrôle alors qu'ils jouent un jeu de dialogue, assurant ainsi la liaison entre les deux couches.

Composition. C'est aussi la couche de contrôle qui permet la composition des jeux.

Différents types de composition sont permis :

- *itération* G_n : répétition de n dialogues du type G , chacun des jeux débutant après la fermeture du précédent ;
- *séquence* $G;H$: H débute après la fermeture de G ;
- *emboîtement* $G [H : I]$: H débute pendant G après la séquence de coups I
- *parallélisation* $G [H : G]$ et H débutent simultanément ;
- *test* $\langle p \rangle$: $\langle p \rangle$ est un dialogue de contrôle pour tester le statut de vérité de p . Le dialogue courant termine si p s'avère faux.

4.2.6. Autres approches :

Pour ce qui est des approches qui utilisent les jeux de dialogue, il est important de mentionner les travaux de Reed [Reed, 1998] qui a été un des premiers à proposer l'utilisation des jeux de dialogue dans un cadre multi-agents. Dastani et al. [Dastani, Hulstijn et Torre, 2000] ont proposé une méthodologie pour la construction de protocoles de négociation flexibles. Bien qu'ils négocient, les agents partagent le but commun de coordonner leurs actions. Une représentation partielle des actions coordonnées, sous la forme de recette, est donnée et les jeux de dialogue en sont un type particulier. Le modèle des jeux de dialogue de Maudet [Maudet, 2001].

4.2.7. Avantages des approches conventionnelles et sociales :

- Le problème de l'hypothèse de sincérité est résolu puisque les engagements ne sont pas nécessairement sincères. En effet, le fait d'utiliser les engagements sociaux élimine l'obligation de supposer que les agents qui communiquent sont sincères dans leurs propos. Par contre, un engagement doit idéalement être respecté et dans le cas contraire, son créancier s'expose à des sanctions sociales ou matérielles.

- Quant au problème de la vérification, il est théoriquement résolu grâce au caractère public des engagements qui les rend accessibles, en particulier pour vérification. Cela permet d'envisager de faire communiquer des agents hétérogènes, d'architectures internes variées. Il est donc difficile d'imaginer que des agents hétérogènes qui coexistent dans des systèmes ouverts puissent utiliser un langage de communication basé sur les états mentaux et déduisent les intentions des agents avec qui ils communiquent.

4.2.8. Limites des approches conventionnelles et sociales

- les langages de communication basés sur les engagements sociaux ne sont pas parfaits et il reste encore beaucoup de travail à faire pour les améliorer.

- La notion de satisfaction d'engagements : de nombreux modèles d'engagements ont été proposés, mais aucun de ces modèles ne définit clairement la satisfaction des engagements.

- il est nécessaire de définir des systèmes de sanctions (matérielles ou sociales) pour assurer un certain contrôle social à l'intérieur des systèmes ouverts.

En résumé, les approches basées sur les engagements sociaux sont très prometteuses et comblent plusieurs lacunes des approches mentalistes, mais il reste encore beaucoup de travail à faire pour les rendre applicables dans la pratique.

5. Conclusion

À l'intérieur de ce chapitre, nous avons tout d'abord présenté la théorie des actes du langage qui est à la base de la majorité des langages de communication agent. Nous avons par la suite présenté les différentes approches qui ont été développées au cours des dernières années en précisant que ces approches peuvent se classer selon deux grandes familles : les approches basées sur les états mentaux et les approches basées sur les engagements sociaux.

Modèle d'engagement social et son respect

Chapitre 3

Sommaire

1. Introduction	63
2. Le modèle d'engagement social	64
2.1. Formulation :	65
2.2. Cycle de vie	66
2.2.1. Les états possibles :	66
2.2.2. Les Fonctions de manipulation.....	68
3. Le système de contrôle social (Agent superviseur) :	72
3.1. Les propriétés des systèmes multi agents ouverts	72
3.2. Les engagements flexibles :	73
3.3. Architecture générale de l'agent superviseur (Contrôle social) :	73
4. Cycle de vie d'un engagement et l'agent superviseur	78
4.1. Avant l'engagement :	78
4.2. Après l'engagement :	78
4.2.1. Création de l'engagement :	78
4.2.2. Satisfaction de l'engagement :	80
4.2.3. Annulation ou violation de l'engagement :	81
4.2.4. Libération d'un engagement :	83
5. Les sanctions :	84
5.1. Types de sanction.....	84
5.2. Modéliser les sanctions :	85
6. Conclusion	86

1. Introduction

La communication entre agents est primordiale à l'intérieur des systèmes multi agents. Les agents d'un système multi-agents doivent communiquer pour se coordonner et pour échanger de l'information. Les agents peuvent donc, par l'intermédiaire de la communication, échanger de l'information et des connaissances pour déterminer leurs actions en fonction du comportement des autres agents du système.

Au cours des dernières années, une nouvelle approche basée sur des conventions sociales, est apparue. Dans le but de résoudre certains problèmes attachés aux langages de communication agent basés sur les états mentaux [Austin, 1962], [Searle, 1969] (KQML) [Finin, Labrou et James, 1995], FIPA-ACL [FIPA, 2009]). Cette approche repose sur les engagements sociaux qui permettent de résoudre de nombreux problèmes liés aux langages KQML et FIPA-ACL.

L'utilisation d'une sémantique sociale, par l'intermédiaire des engagements sociaux, permet d'éliminer l'hypothèse de sincérité et nous permet de vérifier la sémantique des messages échangés. En effet, les engagements sociaux sont publics, donc vérifiables [Pasquier et Chaib-draa, 2002]. De plus, l'utilisation d'une sémantique sociale nous permet de faire un pas en avant dans le développement d'un langage de communication pouvant être utilisé par des agents hétérogènes qui coexistent à l'intérieur d'un système ouvert. Comme les engagements sociaux sont indépendants de l'architecture interne des agents, les agents qui communiquent doivent simplement partager le modèle d'engagements pour interpréter les messages échangés.

Malgré l'émergence des différents modèles de communication agent dont la sémantique se base sur les engagements sociaux, pour modéliser le dialogue entre agents .ces modèles ne me semble pas assez complet ou même invalides. Car la plus part des modèles qu'ils existent réduisent la notion d'engagement à celle d'obligation (ils supposent que tous les agents qui constituent le système respectent ses engagements envers les autres agents). La notion d'engagement social doit offrir plus de *flexibilité* [Pasquier, 2005], ainsi :

- Un engagement peut ne pas être respecté.

-
- Un engagement peut-être annulé unilatéralement.
 - Un engagement préalablement accepté peut-être modifié par le dialogue.

La **flexibilité** des engagements permet donc aux agents de revenir sur les dialogues passés et leurs conséquences pour mieux prendre en compte la dynamique du système et de son environnement.

Une conséquence de cet objectif de flexibilité pour les engagements est que leur respect ne peut être imposé, comme c'est le cas avec les approches basées sur les obligations .En effet, le respect des obligations est généralement assuré par réglementarisme ,c'est-à-dire sans même qu'il soit possible de les violer. Une question reste alors en suspens : que se passe-t-il si les agents ne respectent pas leurs engagements ? Les approches des systèmes multi-agents basées sur les engagements sont valides et utiles sous l'hypothèse que les engagements sont généralement respectés. C'est le problème du *respect des engagements sociaux*.

Dans ce chapitre, nous introduit les fondements de notre modèle, pour le contrôle social des engagements. Tout d'abord nous présentons notre modèle d'engagement, qui permet aux agents de capturer les conséquences de ses interactions avec les autres agents du système. Nous présentons ensuite un système de contrôle social, qui permet d'utiliser des sanctions attachées aux engagements lors de leur création qui assure la parité souhaitée pour les systèmes multi-agents ouverts. Enfin, la conclusion est présentée dans la dernière section.

2. Le modèle d'engagement social

Dans cette section, on présente un modèle d'engagement social qui permet la modélisation des interactions communicatives inter-agents. Ce modèle d'engagement social peut être utilisé par n'importe quel agent pour représenter ses interactions avec les différents agents du système. Et afin d'introduire les sanctions dans les approches de la communication agent basés sur les engagements sociaux, notre modèle doit indiquer clairement quand les sanctions doivent être attachées à l'engagement et quand, dans le cycle de vie de l'engagement, elles doivent s'appliquer. Cette section présente un tel modèle.

2.1. Formulation :

Avant de mettre une définition d'un engagement social, on indique que ce modèle soit poser le moins d'hypothèses possibles sur l'implémentation interne des agents, de façons à conserver au maximum l'ouverture du système.

Définition : Un engagement social accepté est modélisé par un prédicat de la forme :

C (ID, A, B, C, T, S_a, S_b, E)

ID : Identifiant unique pour l'engagement social.

A : représente l'agent débiteur de l'engagement (l'agent qui est engagé).

B : représente l'agent créateur de l'engagement (l'agent envers qui le débiteur est engagé).

C : représente le contenu de l'engagement (une action ou une proposition).

T : est un dual (T_c, T_v) associé à l'engagement à sa création, tandis que, T_c est l'instant où l'engagement social a été créé ; et T_v représente le temps de la validité, ce dernier champ est optionnel ; son omission correspond a une valeur null.

S_a : représente la sanction appliquée au débiteur (A) s'il ne respecte pas ou tente d'annuler l'engagement.

S_b : représente la sanction appliquée au créateur (y) s'il tente de libérer le débiteur (x) de l'engagement.

E : état de l'engagement (créé, libéré, rempli, violé ...), on étudiera en détaille ces états dans la section prochaine.

L'existence de l'engagement C (A, B, C, T, S_a, S_b, E) implique donc que l'agent A est engagé envers l'agent B à propos de c (c pouvant être une action ou une proposition) au temps t. Si l'agent A décide de ne pas respecter l'engagement ou de l'annuler, il se verra imposer la sanction S_a, tandis que la sanction S_b sera imposée à l'agent B s'il décide de libérer l'agent A de l'engagement. Nous détaillerons quand et comment ces sanctions sont attachées aux engagements ainsi que quand elles

s'appliquent plus loin dans cette section. La notation précédente, inspirée des travaux de Singh [Singh, 2000].

Exemple :

L'exemple ci-dessous, illustre la modélisation d'un engagement social à l'aide du formalisme présenté précédemment. Cet engagement représente que l'acheteur (agent A) a s'engage, à 11 :00, envers le marchand (agent B) à payer le prix du produit le lendemain à 20 :00;

2.2.Cycle de vie

Le cycle de vie décrit l'ensemble des transitions possibles entre les états d'un engagement social. Le cycle de vie de l'engagement social est représenté sous la forme d'une machine à états finis, c'est-à-dire d'un graphe d'états/transitions **Fig. 3.1**. Les états du ce diagramme représentent les états de l'engagement social et les transitions représentent les manipulations menées sur l'engagement social .il est possible de différencier les actions qui sont socialement établi (Création, Modification) et les autres actions.

2.2.1. Les états possibles :

Les engagements qui sont créés entre les différents agents d'un SMA évoluent, leur état change. Les états possibles pour un engagement sont les suivants:

➤ **Inactif**: par défaut, tous les engagements qui ne sont pas socialement acceptés sont dans l'état inactif (c'est un non engagement).

- **Prêt** : l'engagement social est créé mais en attente d'activation.
- **Actif** : Un engagement est dans l'état actif lorsqu'il a été socialement établi par deux agents lors d'une conversation.
- **Annulé** : Un engagement est dans l'état annulé lorsqu'il a été retiré de la couche sociale par le débiteur. I.e. le débiteur ne désire plus de respecter cet engagement.

- **Libéré** : Un engagement est dans l'état libéré lorsqu'il a été retiré de la couche sociale par le crédeur. I.e. le crédeur de cet engagement ne veut plus que son contenu soit respecté.

- **Rempli** : Un engagement est dans l'état rempli lorsque le débiteur de celui-ci a respecté son contenu (ses conditions de satisfaction sont remplies).

- **Violé** : Un engagement est dans l'état violé lorsque le débiteur de celui-ci n'a pas respecté son contenu les conditions de satisfaction ne peuvent plus être remplies.

La figure **Fig. 3.1** présente notre modèle d'engagement sous la forme d'une machine à états finis, c'est-à-dire d'un graphe d'états/transitions.

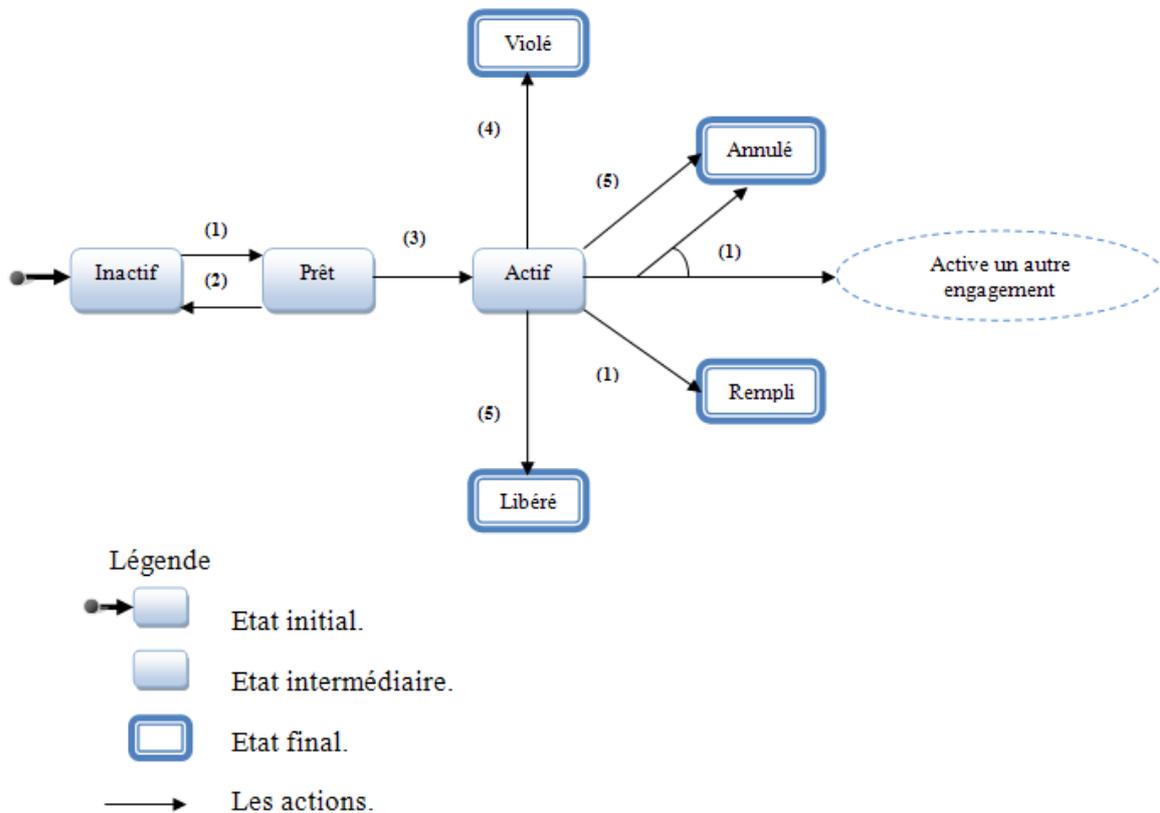


Fig. 3.1 Un modèle de l'engagement social

2.2.2. Les Fonctions de manipulation

On retrouve à la figure **Fig. 3.1** les différentes transitions d'états possibles d'un engagement dans notre modèle. Ce sont les transitions nécessaires pour que la flexibilité des engagements soit supportée. Nous allons indiquer quand les sanctions doivent être attachées à l'engagement et comment le traitement des sanctions s'intègre à ces transitions. Donc les agents du système peuvent manipuler les engagements sociaux qu'ils modélisent à l'aide des fonctions ci-dessous :

1. Création du pré-engagement : Dans un SMA, les agents sont autonomes et ont donc la possibilité de s'engager selon leurs désirs, mais ils ne peuvent pas engager d'autres agents sans obtenir leur consentement. Cependant, un agent peut proposer à un autre agent de créer un certain engagement le concernant peut alors accepter ou rejeter le pré-engagement.

2. Annulation du pré-engagement : si la création d'engagement est rejetée, le pré-engagement se transforme à l'état inactif. Cette fonction n'impliquera pas des sanctions, car l'engagement n'est pas déjà créé.

3. La création : Lorsque deux agents désirent créer un engagement, il doit entreprendre une conversation (par négociation) entre les deux. I.e. Un engagement est dans l'état créé lorsqu'il a été socialement établi par deux agents lors d'une conversation.

La création n'implique pas l'application de sanction, mais c'est la transition pendant laquelle les sanctions sont attachées à l'engagement social (La négociation de l'engagement social inclue celle des sanctions attachée).

4. Violation : l'engagement social peut passer en état violé si le débiteur ne remplit pas son engagement (l'engagement violé n'est pas socialement établi). Où l'état violé impliquera toujours l'application des sanctions au débiteur.

5. Libération : Cette opération permet à l'agent créateur d'un engagement de libérer le débiteur. Suite à une libération, le débiteur n'a plus à respecter l'engagement. L'engagement libéré également n'est pas socialement établi, mais généralement la libération n'implique aucune sanction.

6. Annulation : l'annulation concerne le rejet d'un engagement accepté et actif et implique l'application éventuelle des sanctions.

7. La satisfaction : Un engagement est dans l'état satisfait lorsque le débiteur de celui-ci a respecté son contenu (ses conditions de satisfactions sont remplies). On indique que La satisfaction n'implique pas de traitement sur les sanctions.

8. Mise-à-jour ou modification : la modification d'un engagement actif est une double transition qui consiste à simultanément :

- a. annuler l'engagement considéré
- Et
- b. créer un nouvel engagement

La modification doit être socialement acceptée par le dialogue et des sanctions peuvent s'appliquer, Cependant, la modification se différencie d'une séquence < annulation ; création > précisément par la manière dont les sanctions peuvent être appliquées.

Dans la manière de modifier un engagement social accepté, on peut distinguer trois types:

a) **Assignment** : Cette opération permet de modifier le créateur d'un engagement. C'est le créateur courant de l'engagement qui a le pouvoir d'utiliser cette opération ; cette opération doit être socialement acceptée par le dialogue.

b) **Déchargement** : Cette opération permet de modifier le débiteur d'un engagement. C'est le nouveau débiteur de l'engagement qui a le pouvoir d'utiliser cette opération.

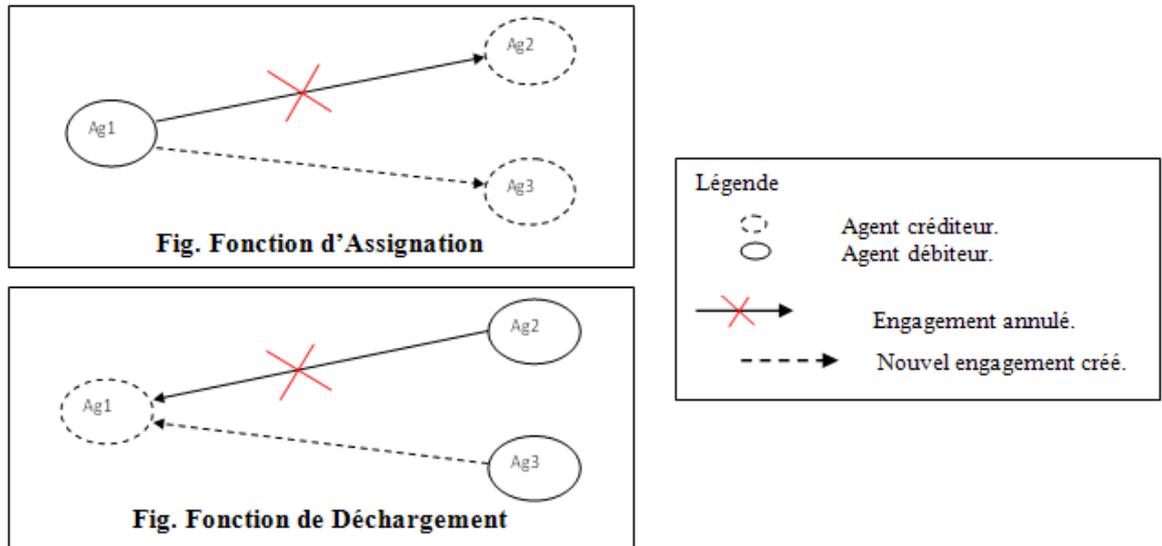


Fig. 3.2. Assignment et déchargement d'un engagement social

c) **Mise à jour du contenu** : Lorsqu'un agent désire modifier le contenu d'un engagement, il doit en discuter avec l'autre agent concerné par l'engagement en question. Il doit donc entreprendre une conversation pour tenter de modifier la couche sociale correctement.

La **Fig. 3.3** présente le diagramme d'états associé au contenu d'un engagement social. Il contient les états possibles pour le contenu d'un engagement social et les transitions qui correspondent aux opérations qui peuvent être appliquées sur ce contenu. A l'aide de ce diagramme on constate que l'agent (débiteur/créditeur) qui veut modifier l'engagement courant peut soumettre un contenu, le justifier et le changer. En revanche l'autre agent concerné (créditeur/débiteur) peut accepter le contenu de son partenaire, le refuser et le mettre en question.

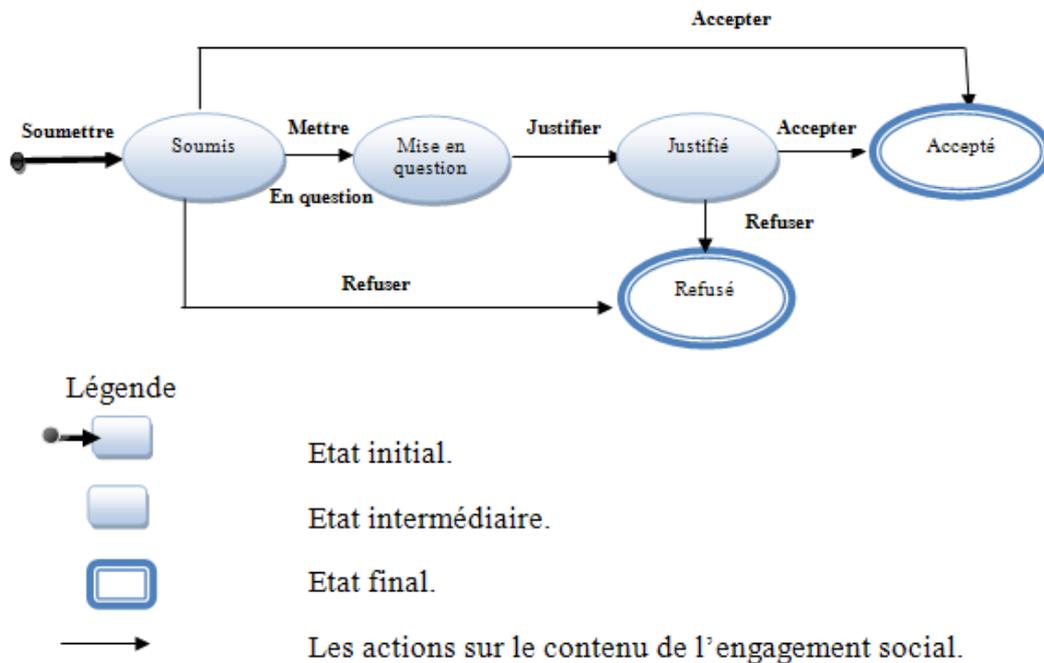


Fig. 3.3. Le diagramme d'états associé au contenu d'un engagement social

Le Tableau ci-dessous **Tab. 3.1** illustre quelques propriétés des transitions. Particulièrement en ce qui concerne la nature des relations sociales, Et l'impact de ces opérations sur l'application des sanctions sur les agents concernés (débitteur/créditeur).

	Les transactions possibles					
	Création	Violation	Annulation	Libération	Modification	Satisfaction
socialement établi	Oui	Non	Non	Non	Oui	Non
Implique éventuellement des sanctions sur l'agent débiteur	Non	Oui	Oui	Non	Oui	Non
Implique éventuellement des sanctions sur l'agent Créditeur	Non	Non	Non	Non	Oui	Non

Tab. 3.1 Propriétés des transitions

Dans la suite, nous nous intéressons sur le contrôle social des interactions : les violations observées dans interactions sont sanctionnées par l'établissement d'un système de contrôle social.

3. Le système de contrôle social (Agent superviseur) :

3.1. Les propriétés des systèmes multi agents ouverts

Dans notre travail, nous nous intéressons aux systèmes multi agents ouverts (SMAO), qui respectent les propriétés suivantes :

- Le comportement des agents et leurs interactions ne peuvent être prévus à l'avance : cette première propriété implique que l'exécution d'un système multi-agents ouvert est non déterministe ;
- système multi-agent ouvert peut regrouper des agents hétérogènes : i.e. L'architecture interne des agents n'est pas connue publiquement ;
- un système multi agents ouvert capable d'accepter, à tout instant, l'entrée, la sortie ou la modification des caractéristiques des agents qui le constituent.
- Les agents n'ont pas nécessairement de buts, d'intentions ou de désirs communs.

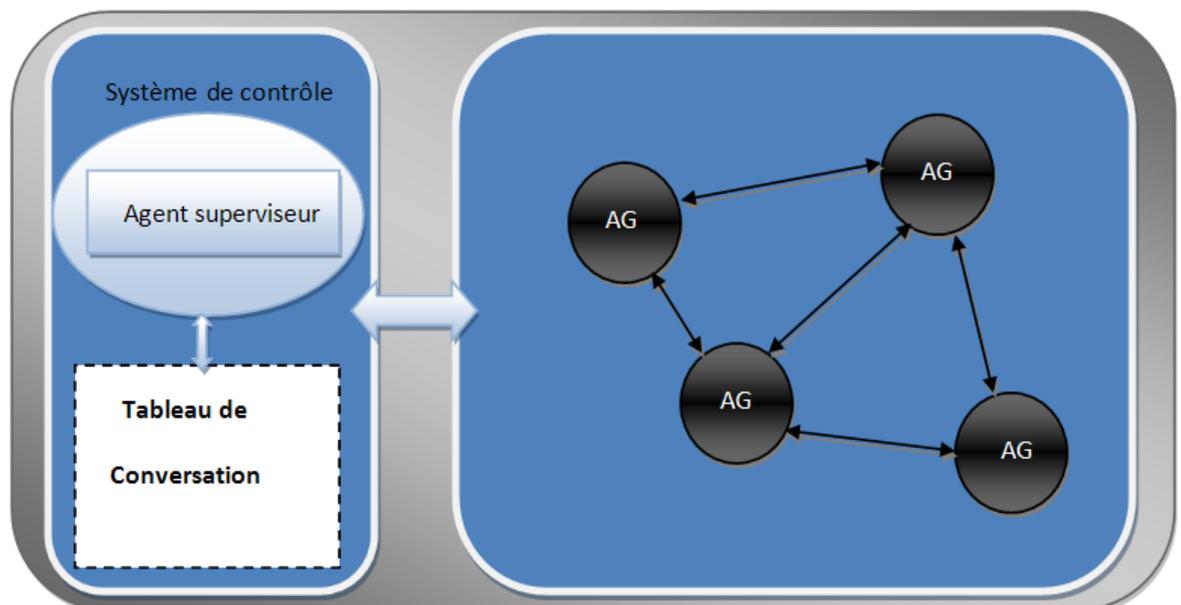


Fig. 3.4 Dialogue Agent et le système de contrôle social

3.2. Les engagements flexibles :

Comme on a vu déjà les modèles de dialogue basés sur les engagements sont valides sous l'hypothèse que les engagements doivent être généralement respectés. Pour relever cette hypothèse on a essayé d'établir un système de contrôle qui nous permet d'utiliser des engagements **flexibles**. C'est-à-dire l'engagement social doit offrir plus de *flexibilité* [Pasquier, 2005], ainsi :

- Un engagement peut ne pas être respecté.
- Un engagement peut-être annulé unilatéralement.
- Un engagement préalablement accepté peut-être modifié par le dialogue.

Dans notre système on a représenté le système de contrôle social par un agent superviseur.

Cet agent superviseur est responsable de (d') :

1. appliquer les sanctions.
2. ajuster le contenu de tableau de conversations.
3. créer des rapports de confiance (ces rapports contiennent le nombre d'engagements rempli, violé, annulé par l'agent).

3.3. Architecture générale de l'agent superviseur (Contrôle social) :

L'agent superviseur a quatre modules principaux :

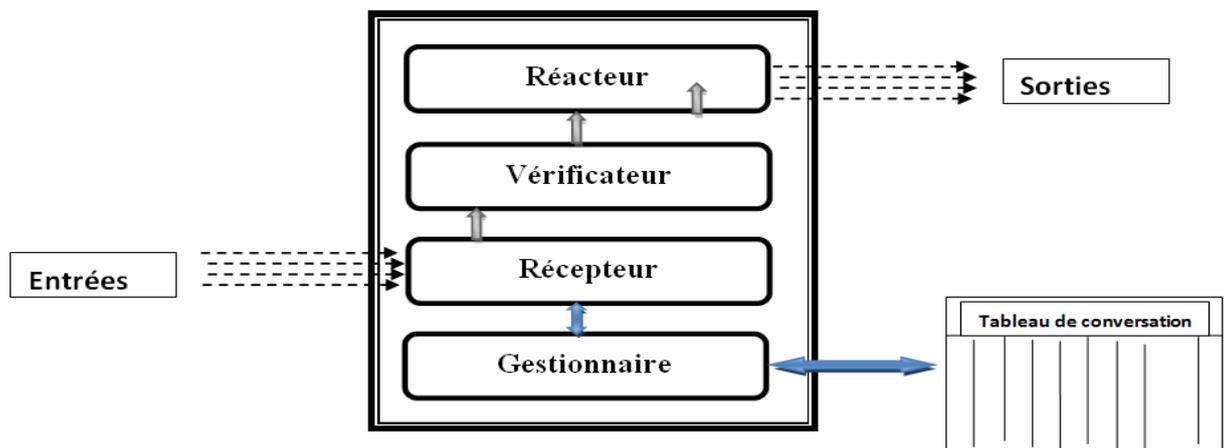


Fig. 3.5. L'agent superviseur

Les composants de SC :

1. Entrées :

Les entrées sont les données (demande) envoyées par les différents agents constituant le système.

2. Sorties :

Les sorties sont un ensemble des sanctions, où le système de contrôle applique ses sanctions sur les agents qui ne respectent pas ses engagements (jusqu'à le moment où on n'a pas défini quels sont les types de ces sanctions).

3. Récepteur :

Il représente le seul moyen qui permet l'interaction directe entre le système de contrôle social et les constituants du système (agents).

Cet agent peut être vu comme un simplificateur permettant aux agents du système d'interagir avec l'agent superviseur (contrôle). C'est un module qui est responsable principalement d'acquiescer toutes les requêtes des agents du système et les diriger (envoyer) ces requêtes aux modules adéquats (Gestionnaire, Vérificateur) selon leur type.

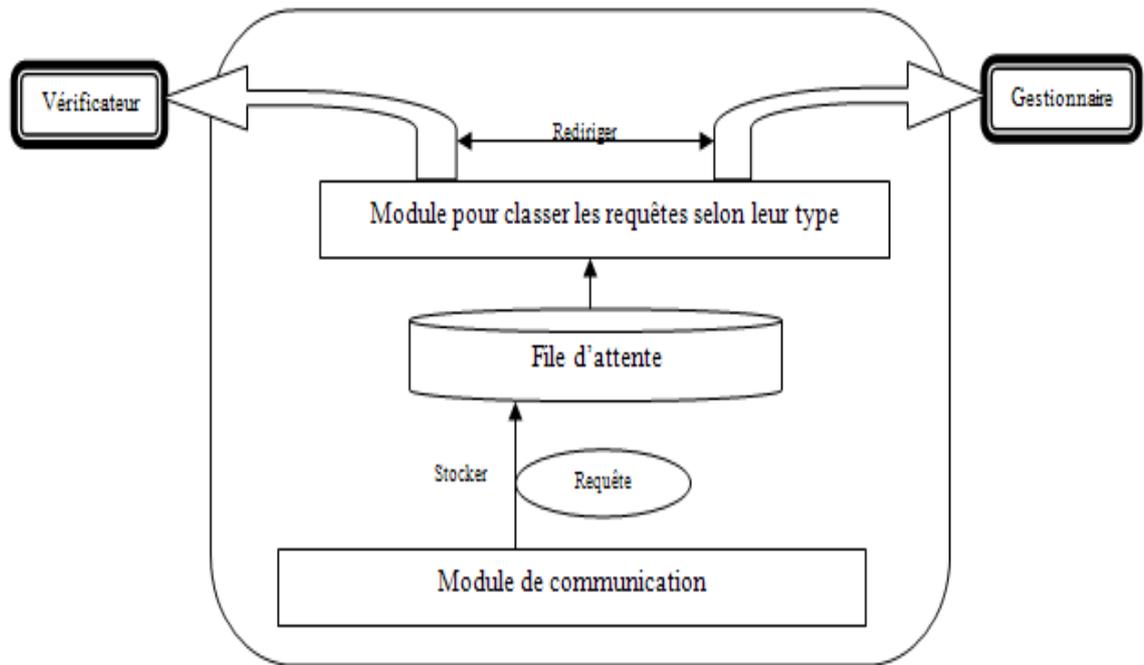


Fig. 3.6. Architecture de module récepteur

Donc Le récepteur doit assurer les deux services suivants :

- Assurer une bonne communication (simple et facile) entre l'agent Contrôle social et les autres agents du système.
- Diriger (envoyer) les requêtes reçus des agents aux modules adéquats (Gestionnaire, Vérificateur).

La Communication

La communication entre l'agent Contrôle et les autres agents doit se faire à travers des messages asynchrones ou non bloquants permet de poursuivre l'exécution.

Lorsque le récepteur reçoit les messages, en les insérant dans des files d'attente. Puis il expédie ces messages dont l'ordre un par un au gestionnaire ou le vérificateur.

4. Gestionnaire :

L'agents de contrôle est responsable du contenu de leur tableau de conversations et doit posséder un gestionnaire qui contrôle l'ensemble des engagements qui sont dans le tableau.

Ce gestionnaire doit, en fonction des conversations des agents du système :

- ajuster le contenu de ce tableau en ajoutant ou supprimant des engagements ou en modifiant l'état des engagements déjà présents.
- Mettre les engagements à l'archive (état de l'engagement=état final (rempli, annulé, violé)).
- Faire des statistiques pour chaque agent pour créer le rapport de confiance sur chaque agent appartient au système.

Rapport de confiance :

La confiance est un niveau de probabilité subjective avec laquelle un agent évalue la performance d'un autre agent ou groupes d'agents, avant qu'il puisse contrôler une telle action et dans un contexte où cette action affecte sa propre action. Quand on dit qu'on fait confiance à quelqu'un, on signifie que la probabilité qu'il fera une action bénéfique ou au moins non nuisible nous paraît assez élevée pour nous engager dans une forme de coopération avec cette personne ».

Dans notre travail l'agent de contrôle social construire un rapport de confiance dans le but d'aider un agent dans la décision à s'engager ou pas avec un autre agent.

Contenu du rapport de confiance

Ce rapport représente un journal contient des statistiques sur les engagements qui sont fait par l'agent concerné :

- Le nombre d'engagements créés par cet agent.
- Le nombre d'engagements violés par cet agent.
- le nombre d'engagements annulés par cet agent.
- le nombre d'engagements remplis par cet agent.
- Etc...

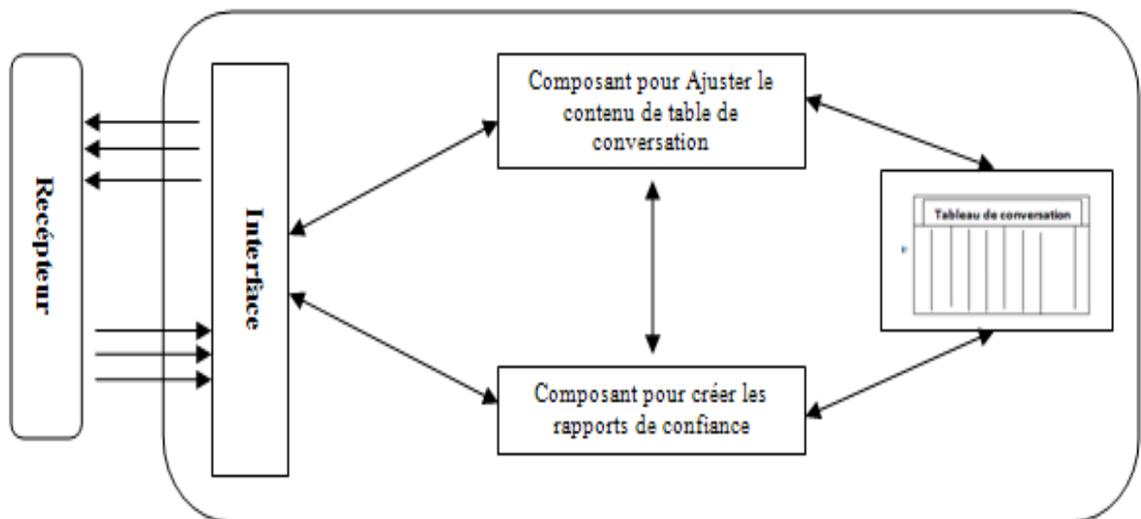


Fig. 3.7 Architecture de Gestionnaire.

5. Vérificateur :

Le rôle de ce composant est d'assurer que l'agent qui fait la demande a raison. Si la demande est juste le vérificateur passe la demande au réacteur qui applique les sanctions sur les agents concernés.

Sinon le système de contrôle refuse la demande de l'agent.

Le module de vérification doit assurer les fonctionnalités suivantes :

- La réception des requêtes envoyées par le récepteur.
- Accepter la création des engagements sociaux.
- Refuser la création des engagements sociaux.
- Décider d'appliquer ou non des sanctions sur certains agents du système (à cause de violation ou annulation des engagements déjà créés).
- Traiter les différentes requêtes concernant les engagements sociaux courants.
- Contrôler la suppression et la modification des engagements sociaux enregistrés dans le tableau de conversation.

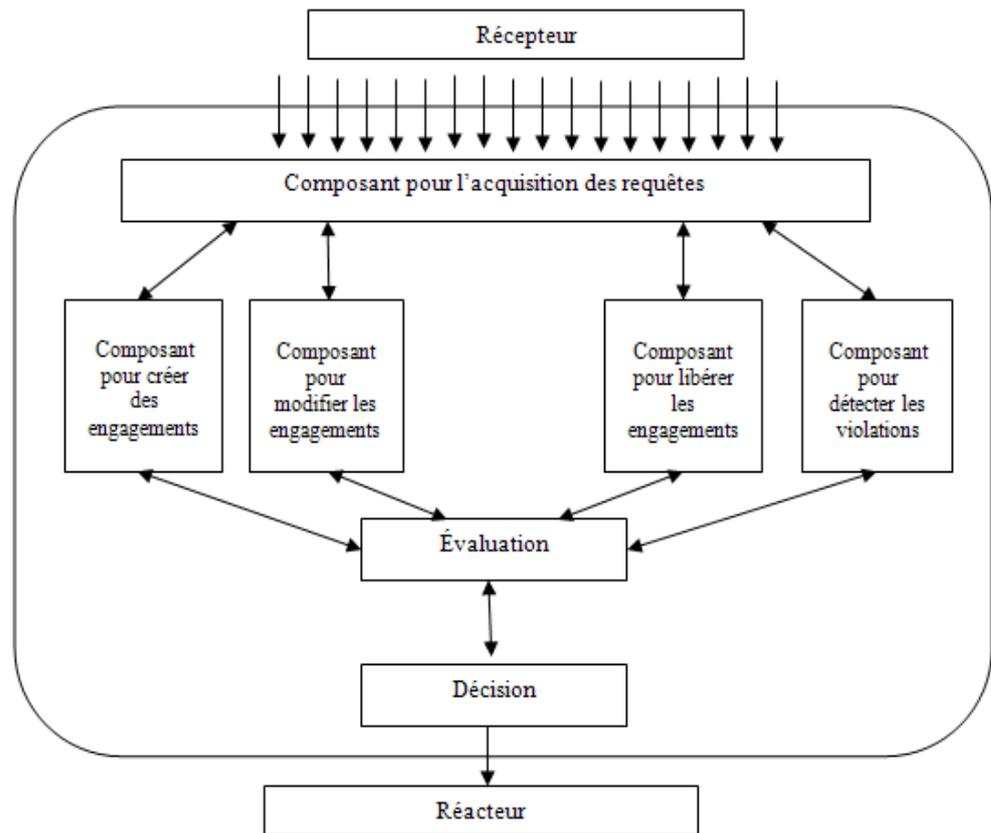


Fig. 3.8 Architecture de vérificateur.

4. Cycle de vie d'un engagement et l'agent superviseur

4.1. Avant l'engagement :

Lors d'une conversation et avant de créer un engagement, l'agent doit demander un rapport de confiance (ce rapport contient des informations sur l'agent envers qui cet agent s'engage) de l'agent de contrôle. Ainsi Les agents doivent être dotés d'un analyseur qui analyse l'ensemble des données qui sont dans le rapport de confiance. A l'aide de ce rapport l'agent décide à s'engager ou pas avec un autre agent.

4.2. Après l'engagement :

Dans ce qui suit, on va indiquer comment l'agent superviseur s'intervient dans le cycle de vie d'un engagement :

4.2.1. Création de l'engagement :

Lorsqu'un engagement est établi entre deux agents :

- Le débiteur (l'agent qui s'engage envers les autres) doit envoyer une copie (CopD) de cet engagement au superviseur (agent de contrôle social).

- Le créancier doit également envoyer une autre copie (CopC) de cet engagement au superviseur.

- Quand l'agent superviseur reçoit les deux copies, il vérifie que le contenu de ces copies sont identiques. Selon le résultat de cette vérification on distingue deux cas :

1^{er} cas :

Les deux copies de l'engagement (CopD et CopC) sont identiques, donc l'agent de contrôle social fait les procédures suivantes :

- ajouter un identificateur à l'engagement.
- ajuster le contenu de tableau de conversation par l'ajout de cet engagement social.
- informer les agents concernés (le débiteur et le créancier) par cet engagement social que ce dernier a été accepté (sendAccept).
- envoyer l'identificateur de l'engagement social au débiteur et au créancier.

2^{ème} cas :

Les deux copies de l'engagement ne sont pas identiques : dans ce cas l'agent superviseur doit informer le débiteur et le créancier de cet engagement social que celui-ci n'a pas été accepté (sendNAccept).

- L'opération de création d'un engagement est présentée sous forme graphique à la figure **Fig. 3.9**.

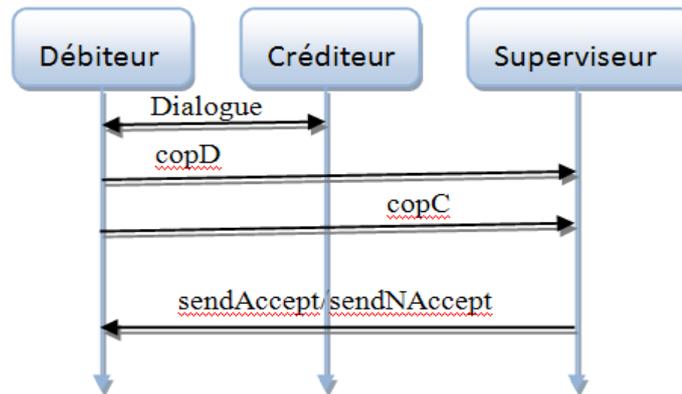


Fig. 3.9. Diagramme de séquence (création de l'engagement).

4.2.2. Satisfaction de l'engagement :

Comme on a déjà vu, Un engagement est dans l'état satisfait lorsque le débiteur de celui-ci a respecté son contenu.

On distingue deux cas :

1^{er} cas (A) :

- Le crédeur a informé l'agent de contrôle que l'engagement donné est respecté par le débiteur. Ainsi l'agent de contrôle social effectue les procédures suivantes :
 - ajuste le contenu de tableau de conversation (modifier l'état de l'engagement puis le retirer).
 - Met cet engagement dans l'archive.
 - Devra informer le débiteur qu'il est libéré de cet engagement.

2^{ème} cas :

Lorsque le crédeur n'a pas informé l'agent de contrôle social que l'engagement a été respecté par le débiteur. Dans ce cas le débiteur vient d'informer l'agent de contrôle social que l'engagement est rempli (**EngRempli**).

Quant le superviseur reçoit **EngRempli**, il vérifie si vraiment le débiteur a respecté le contenu de cet engagement, et selon le résultat de cette vérification, on distingue encore deux situations :

A. l'engagement est satisfait : dans ce cas le superviseur fait les procédures suivantes (B) :

- Ajuster le contenu de tableau de conversation (modifier l'état de l'engagement puis le retirer).
- Met cet engagement dans l'archive.
- Devra informer le débiteur qu'il est libéré de cet engagement.
- Appliquer des sanctions sur le créditeur.

B. dans le cas contraire, i.e. l'engagement n'a pas été satisfait. L'agent superviseur considère que le débiteur veut violer l'engagement social (C).

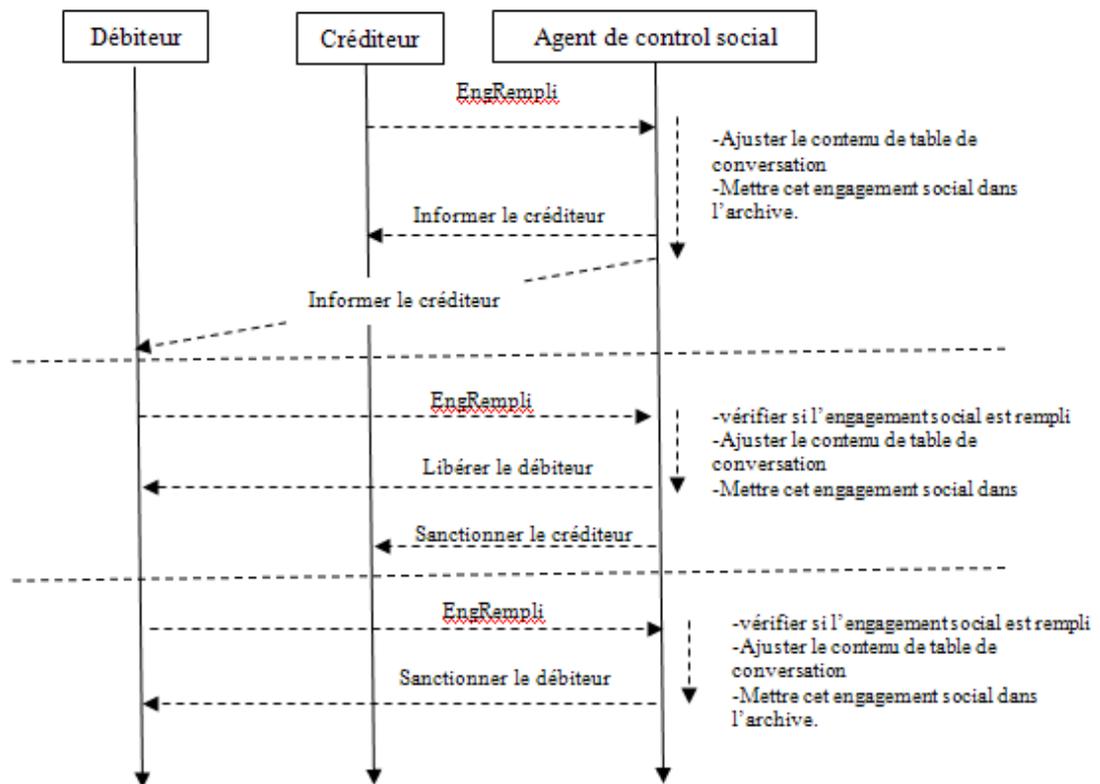


Fig. 3.10 Diagramme de séquence (Satisfaction de l'engagement).

4.2.3. Annulation ou violation de l'engagement :

Un engagement annulé ou violé signifie que l'agent débiteur décide soit de ne pas respecter son engagement envers le créditeur ou tenter de le violer. Dans les deux cas (engagement annulé ou violé) le créditeur va envoyer une plainte au superviseur (agent de contrôle).

Dés que le superviseur reçoit cette plainte, il commence de vérifier la validité de cette plainte, et selon le résultat de cette vérification, on distingue deux cas :

1^{er} cas :

L'engagement est satisfait : dans ce cas le superviseur fait les procédures suivantes :

- Ajuster le contenu de tableau de conversation (modifier l'état de l'engagement et le retirer).
- Met cet engagement dans l'archive.
- Devra informer le débiteur qu'il est libéré de cet engagement.
- Appliquer des sanctions sur le créditeur.

2^{ème} cas :

Dans le cas contraire, i.e. l'engagement n'a pas été rempli. L'agent superviseur effectue les procédures suivantes :

- Dans un premier temps l'agent de contrôle social demande les justifications de débiteur
- Lors de la terminaison de processus de justification, l'agent de contrôle social évalue la réponse de débiteur, pour décider quelles sont les sanctions, qui seront appliquées sur le débiteur.
- Ajuster le contenu de tableau de conversation (modifier l'état de l'engagement à l'état violé).
- Met cet engagement dans l'archive.
- Appliquer des sanctions sur le débiteur.

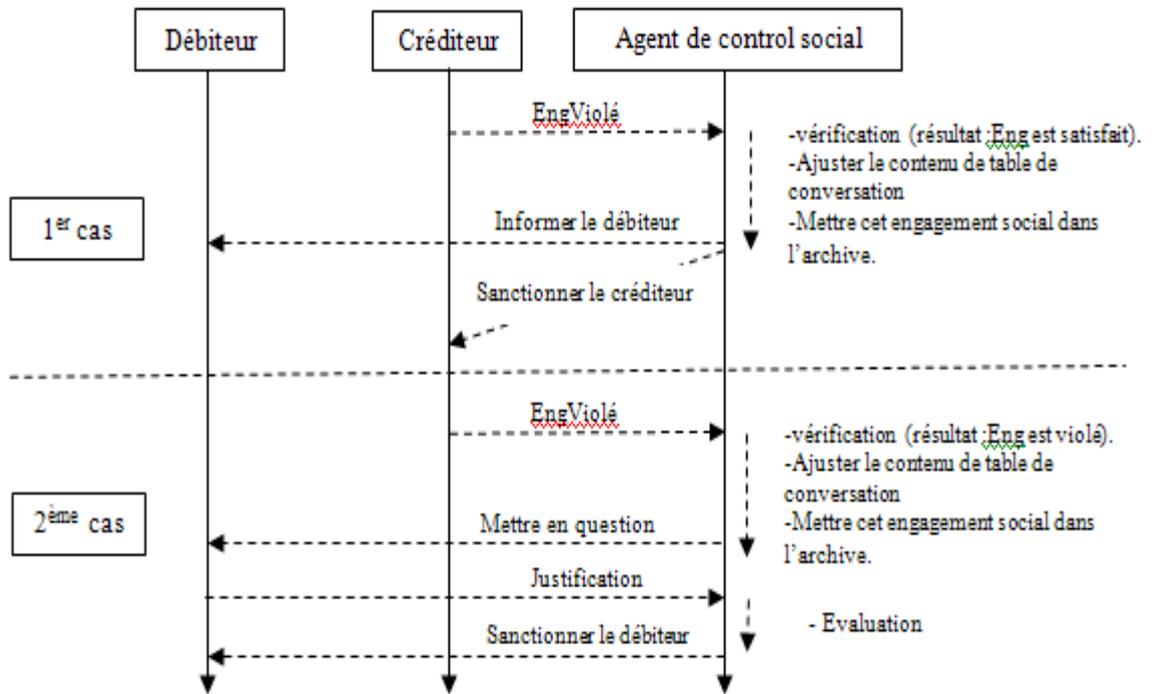


Fig. 3.11 Diagramme de séquence (Violation ou annulation d'un engagement).

4.2.4. Libération d'un engagement :

Un engagement est dans l'état libéré lorsqu'il a été retiré de la couche sociale par le crédeur. I.e. le crédeur de cet engagement ne veut plus que son contenu soit respecté. Ainsi le crédeur devra informer le superviseur.

- Quant le superviseur reçoit, il accomplit les procédures suivantes :
 - Ajuste le contenu de tableau de conversation (modifier l'état de l'engagement a libéré).
 - Met cet engagement dans l'archive.
 - Devra informer le débiteur qu'il est libéré de cet engagement.

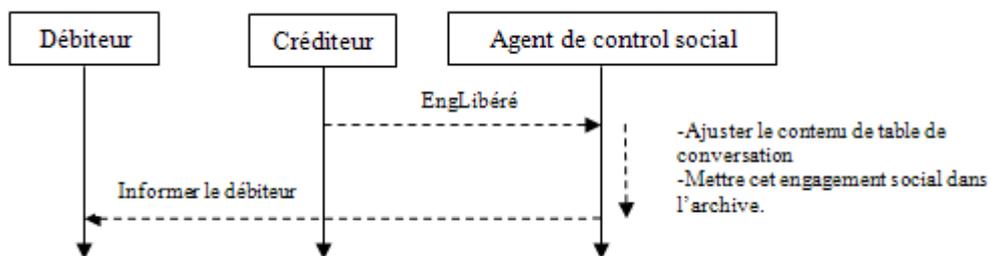


Fig. 3.12 Diagramme de séquence (Libération de l'engagement).

5. Les sanctions :

Dans la section précédente, nous avons présenté un système de contrôle social des engagements établis entre agents, comme on a vu ce système a la capacité d'appliquer des sanctions sur les agents qui ne respectent pas ses engagements envers les autres. Mais on n'a pas parlé du tout, sur la nature de ces sanctions et la façon de les représenter. Dans de cette section, nous allons détailler ce que nous pensons être le composante clé du contrôle social qui peut être utile pour assurer la conformité dans les systèmes multi-agents basés sur les engagements sociaux.

5.1.Types de sanction

➤ Les sanctions matérielles :

Les sanctions matérielles rassemblent les sanctions physiques par exemple la violence ou les corvées et autres actions de réparation ainsi que les sanctions impliquant des donations de biens matériels comme les compensations financières demandées au violeur. On indique que, les interdictions et les obligations de toutes natures peuvent être considérées comme sanctions matérielles. Le bannissement est un exemple d'interdiction tenant pour une sanction matérielle qui peut s'avérer utile dans les SMAs ouverts.

➤ **Les Sanctions sociales :** Il existe également différents types de *sanctions sociales*. La confiance, la crédibilité et la réputation sont les trois principales valeurs qui peuvent être affectées par ce type de sanction. Dans la littérature, les auteurs indiquent que les sanctions sociales sont généralement la conséquence d'une divulgation d'informations associées à la violation elle-même que le violeur aurait voulu tenir secrètes autrement. Par exemple, dans notre modèle de contrôle social, le **rapport de confiance** représente une sanction sociale, puisque chaque agent de système utilise ce rapport de confiance pour s'aider dans la décision à s'engager ou pas avec un l'agent concerné.

On indique qu'il existe un troisième type de sanction : **Les sanctions psychologiques (en terme de la culpabilité, la honte);**

5.2. Modéliser les sanctions :

Dans le cadre de ce mémoire, Un engagement social accepté est modéliser par un prédicat de la forme C (ID, A, B, C, T, S_a, S_b, E).

S_a est un triplet associé à l'engagement à sa création qui indique les sanctions pour le débiteur en cas de violation, d'annulation et de modification respectivement, S_b est un dual associé à l'engagement à sa création qui indique les sanctions pour le débiteur en cas de modification et de libération.

Exemple :

L'exemple ci-dessous, illustre la modélisation d'un engagement social a l'aide du formalisme présenté précédemment. Cet engagement représente que l'acheteur (agent A) a s'engage, à 11 :00, envers le marchand (agent B) à payer le prix du produit le lendemain à 20 :00;

(Id_eng, Acheteur, Marchand, Payer (prix_produit), T (13 :00, null), (100DA, 100DA, 20DA), (20DA, 0 DA) Actif)

Où :

(100DA, 100DA, 20DA) : les sanctions appliquées au débiteur de l'engagement social.

(20DA, 0 DA) : les sanctions appliquées au créditeur de l'engagement social.

D'après cet engagement, l'agent acheteur (débiteur) devra payer 100 DA au marchand s'il viole cet engagement, 100 DA s'il annule et 20DA s'il le modifie, tandis que l'agent Marchand (créditeur) devra payer 20DA a l'acheteur s'il modifie l'engagement et 0 DA s'il le libère .

6. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons tout d'abord présenté la notion de flexibilité dans Les engagements sociaux, puis nous avons un modèle d'engagements sociaux de manière à expliquer comment les agents pouvant être contractés entre eux. Ce modèle est adapté aux systèmes ouverts.

Nous avons ensuite proposé un modèle de contrôle social des engagements .Dans la même optique nous avons détaillé ce que nous pensons être les composantes du contrôle social qui peuvent être utiles pour assurer la conformité dans les systèmes multi-agents basés sur les engagements sociaux.

Enfin, nous avons présenté les différents types de sanctions avec une modélisation adaptée à notre modèle de contrôle social.

Simulation et résultats

Chapitre 4

Sommaire

2. Présentation de la simulation	89
2.1. Les agents du SMA	90
2.1.1. Les acteurs principaux :	90
2.1.2. Les acteurs secondaires	91
2.2. Mécanisme de prise de décisions :	91
3. Description générale de l'application	93
3.1. Les engagements de la simulation	93
3.2. Aglets Workbench :	97
3.2.1. Un protocole de transfert d'agent (ATP) :	98
3.2.1.1. Création	99
3.2.1.2. Clonage	99
3.2.1.3. Déportation (Dispatching)	100
3.2.1.4. Récupération (Retraction)	100
3.2.1.5. Activation et Désactivation	100
3.2.1.6. Libération ou destruction	100
3.2.2. Tahiti : un gestionnaire d'agents visuel	101
3.3. Java	102
3.4. Editeur de texte :	102
4. Modélisation AUML de l'application	104
4.1. Diagramme de classes	104
4.2. Détaille des classes	105
4.2.1. Classe AgentSuperviseur	105
4.2.1.1. Présentation :	105
4.2.1.2. Diagramme :	105
4.2.1.3. Mise en œuvre	105
4.2.2. Classe GenerateurMAR	105
4.2.2.1. Présentation	106
4.2.2.2. Diagramme	106
4.2.2.3. Mise en œuvre	106
4.2.3. Classe GenerateurACH	106
4.2.3.1. Présentation	106
4.2.3.2. Diagramme	106
4.2.3.3. Mise en œuvre	107

4.2.4.	Classe AgentMARI	107
4.2.4.1.	Présentation	107
4.2.4.2.	Diagramme	107
4.2.4.3.	Mise en œuvre	107
4.2.5.	Classe AgentACHI	108
4.2.5.1.	Présentation	108
4.2.5.2.	Diagramme	108
4.2.5.3.	Mise en œuvre	108
4.3.	Fonctionnalités de l'application :	108
4.3.1.	Liste des agents créés	108
4.3.2.	Agenda d'un agent	109
4.3.3.	Liste des messages qui sont échangés entre deux agents	109
4.3.4.	Table des conversations	109
4.4.	Les métriques d'évaluation des conversations :	109
4.4.1.	Métriques pour l'agent du contrôle social :	109
4.4.2.	Métriques pour un dialogue entre deux agents.	110
4.4.3.	Métrique spécifiques à un seul agent	111
4.5.	Résultats et analyse	112
4.5.1.	Le pourcentage des engagements respectés par les agents Marchands.	113
4.5.2.	Le pourcentage des engagements annulés par les agents Marchands.	115
4.5.3.	Le pourcentage des engagements violés par les agents Marchands.	115
4.5.4.	Le nombre d'engagements créés, remplis, violés et annulés par chaque agent.	117
5.	Conclusion	120

1. Introduction

Après avoir présenté dans le chapitre précédent, notre modèle d'engagement, qui permet aux agents de capturer les conséquences de ses interactions avec les autres agents du système et le système de contrôle social associé. A l'intérieur de ce chapitre, nous allons illustrer comment les différentes idées et concepts que nous avons présentés dans le chapitre précédent ont été mis en pratique à l'aide d'une simulation. Cette simulation est dédié au commerce électronique, plus exactement celle de vente et achat en ligne des produits (par exemple des livres électronique).

Nous débutons donc ce chapitre par faire une description générale de la simulation, nous présentons par la suite, en section deux, une description générale de l'application, de son coté, nous décrivons brièvement la plate-forme que nous avons adopté pour l'implémentation de notre approche, et finalement nous présentons les résultats obtenus dans la simulation.

2. Présentation de la simulation

Pour bien saisir l'intérêt des idées que nous avons présenté dans le chapitre précédent. On a besoin de faire une simulation.

La simulation que nous allons présenter dans ce mémoire, concerne la vente et l'achat en ligne des livres des produits (tels que les livres électroniques). Nous voulons que les taches à réaliser (achat / vente des produits) soient effectuées par des agents logiciels. Nous allons donc débiter cette section en présentant, les différents agents impliqués dans le SMA du la simulation. Pour décrire en suite en détail les différentes taches effectuées par ces agents. Nous allons par la suite capturer les engagements qui sont contenus implicitement dans la description du SMA visé.

2.1. Les agents du SMA

Dans cette étude de cas (vente achat des produits en ligne), on distingue deux types d'acteurs :

2.1.1. Les acteurs principaux :

Cette classe d'acteurs contient trois types d'agents ayant chacun des tâches particulières, ces agents sont les suivants :

Agent Marchant (MARi) :

Les agents Marchands (vendeurs) des produits (des livres électroniques dans notre cas), qui représentent les fournisseurs, où chaque agent Marchand transporte avec lui le code du service offerte par le fournisseur qu'il représente et les données concerne ces services (livres, prix du livre, la résumé, .etc.).

Comme il existe plusieurs agents de ce type, nous utilisons l'indice pour différencier les différentes instances de l'agent Marchand.

Agent Acheteur (ACHi) :

Un agent de ce type représente le client, où chaque agent Acheteur véhicule avec lui les données du service demandé par le client qu'il représente (titre du livre, auteur du livre, prix max, nombre de copie et même l'argent).

Comme il existe plusieurs agents de ce type, nous utilisons l'indice pour différencier les différentes instances de l'agent Acheteur.

Agent Superviseur :

Ce type d'agent représente l'agent de contrôle social dans notre approche, il doit entre autre, s'assurer que les agents du SMA (Agent Marchand, Agent Acheteur) respectent ses engagements envers les autres. En effet cet agent Superviseur responsable de (d') :

1. appliquer les sanctions sur les agents concernés.
2. ajuster le contenu de tableau de conversations.

3. créer des rapports de confiance (ces rapports contiennent le nombre d'engagements rempli, violé, annulé par l'agent).

2.1.2. Les acteurs secondaires

Cette classe d'acteurs contient deux types d'agents ayant presque les mêmes tâches. Ces agents sont les suivants :

Agent générateur des agents Marchand (GM)

Comme son nom l'indique c'est l'agent générateur des agents marchands, son rôle est de créer les agents Marchands et leurs délègue les tâches à effectuer, il sert aussi comme intermédiaire entre la GUI et les agents Marchands.

Agent générateur des agents Acheteur (GA)

Comme son nom l'indique c'est l'agent générateur des agents Acheteurs, son rôle est de créer les agents Marchands et leurs délègue les tâches à effectuer, il sert aussi comme intermédiaire entre la GUI et les agents Acheteurs.

Agent de journalisation (Log) :

C'est un agent qui se charge de créer un journal de toutes les opérations effectuées sur le SMA, c à d Les fichiers journaux enregistrent les opérations effectuées par tous les Agent du SMA

A l'intérieur des prochaines sections, nous allons généralement omettre le terme agent pour identifier les différents intervenants de l'étude de cas. Nous laissons de côté le terme agent pour ne pas alourdir le texte inutilement.

Il faut cependant garder en tête que, lorsque nous parlons du marchand, nous parlons en fait d'un agent marchand.

2.2.Mécanisme de prise de décisions :

Nous avons implanté un mécanisme de prise de décisions des agents par l'intermédiaire de fichiers du comportement. C'est dans ces fichiers que l'on définit, entre autres, si un agent a tendance à violer ses engagements, s'il respecte ses engagements et s'il s'engage facilement. Dans les faits, tous les comportements des agents sont définis en

termes de probabilité. Par exemple, un agent peut annuler ses engagements avec une probabilité de 0.5, respecter ses engagements avec une probabilité de 0.8 et accepter de s'engager à réaliser une certaine action α avec une probabilité de 0.9. Chaque agent possède donc son propre fichier de comportement qui est chargé au début de la simulation et qui détermine ses décisions. Il est important de mentionner que ce fichier de comportement est privé à l'agent.

On retrouve dans le tableau **Tab .4.1** Un exemple très simple de fichier de comportement qui pourrait être défini pour un agent Marchand M_i de notre simulation. Comme nous pouvons le constater, le fichier de comportement spécifie que le Marchand M_i accepte 90% des requêtes concernant l'action « achat-produit » et accepte 30% des requêtes concernant l'action « achat-produit-crédit ». On constate également que l'agent Marchand respecte 95% de ses engagements concernant l'action « achat-produit », par contre il respecte que 30% des engagements concernant l'action « achat-produit-crédit ». Il est donc facile de voir comment nous pouvons spécifier, avec la précision de notre choix, le comportement d'un agent en utilisant les fichiers de comportement.

Comportement	Engagement	Probabilité
Accepte E	E : achat-produit	90%
Accepte E	E : achat-produit –crédit	30%
Annule Engagement	E : achat-produit	4%
Annule Engagement	E : achat-produit –crédit	15%
Respecte Engagement	E : achat-produit	95%
Respecte Engagement	E : achat-produit –crédit	80%
Viole Engagement	E : achat-produit	1%
Viole Engagement	E : achat-produit –crédit	5%

Tab .4.1 Exemple de fichier de comportement d'un agent Marchand.

A l'intérieur d'une simulation, les décisions d'un agent sont donc déterminées aléatoirement en fonction des différentes probabilités qui sont spécifiées dans son fichier de comportement. Les décisions des agents sont donc différentes d'une simulation à l'autre. Cependant, il est important de noter que les agents négocient tout de même le contenu des engagements même si leurs décisions sont aléatoires. Le fichier de comportement de l'agent spécifie uniquement si un agent est prédisposé ou non à accepter les différentes propositions. Un agent qui s'engage difficilement refusera donc la majorité des engagements sans même négocier, tandis qu'un agent qui a tendance à accepter les engagements (probabilité élevée) qui lui sont proposés acceptera souvent de négocier et s'engagera s'il est satisfait de la négociation. Donc Les fichiers de comportement nous permettent donc de tester l'utilisation des métriques et des réseaux d'engagements sur plusieurs scénarios différents.

3. Description générale de l'application

3.1. Les engagements de la simulation

Comme nous avons dit auparavant, la communication entre les agents est représentée par un modèle d'engagement social. Ce modèle d'engagement social peut être utilisé par n'importe quel agent pour représenter ses interactions avec les différents agents du système. Donc pour bien Pour bien décrire notre simulation, nous Nous devons donc énumérer l'ensemble des engagements qui sont caches dans les descriptions des différentes taches de l'organisation des achats et ventes des produits que nous venons de présenter.

On suppose le scénario suivant : L'acheteur qui désire acheter un produit commence par envoyer une requête (`sendRequest`) au marchand pour lui demander de fixer un prix pour le produit. Suite à cette requête, le marchand répond en indiquant le prix du produit (`sendQuote`). Si l'acheteur accepte le prix (`sendAccept`), alors le marchand lui envoie le produit (`sendGoods`) qui nécessite une clé pour être active. Par la suite, le marchand attend que l'acheteur envoie le paiement électronique (`sendEPO`) pour ensuite lui envoyer la clé du produit et le reçu du paiement (`sendReceipt`). L'acheteur peut donc activer son produit lors de la réception de la clé [\[référence\]](#).

Le scénario est présenté sous forme graphique à la figure **Fig. 4.1**.

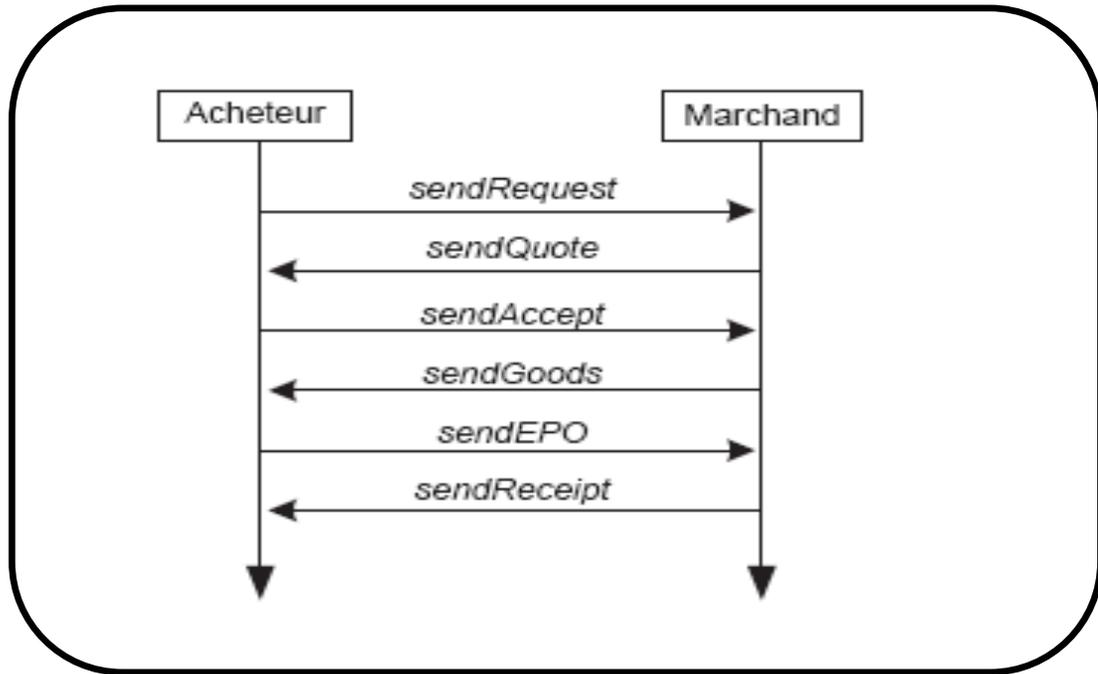


Fig. 1.4 Diagramme de séquence

III.2 La spécification du scénario est la suivante :

A travers cette scénario, la tache d'achat/vente des produits se mener à la création de quatre engagements différents. Ceux sont les suivants :

1^{er} engagement :

C (ACCEPT, ACHi, MARI, Livrer→payer,(10/03/2010,nul), (100DA, 80DA, 20DA), (40DA, 0 DA), Actif)

Id	ACCEPT
Débiteur	<u>ACHi</u> : Agent Acheteur
Créditeur	<u>MARi</u> : Agent Marchand
Description	L'engagement de l'acheteur envers le marchand à payer pour le produit s'il est livré.
Les Sanctions	<p>(100DA, 100DA, 20DA) :</p> <p>les sanctions appliquées au débiteur de l'engagement social. . L'agent Acheteur <u>ACHi</u> devra payer 100DA à <u>MARi</u> s'il viole cet engagement, 80DA s'il annule et 20DA s'il le modifie.</p> <p>(20DA, 0 DA) :</p> <p>les sanctions appliquées au créditeur de l'engagement social. l'agent Marchant <u>MARi</u> (créditeur) devra payer 40DA a l'acheteur <u>ACHi</u> s'il modifie l'engagement et 0 DA s'il le libère</p>

Tab .4.2 Le premier engagement

2^{ème} engagement :

C (promiseGoods, MARi, ACHi, accepter→livrer, (10/03/2010, nul), (100DA, 80DA, 20DA), (40DA, 0 DA), Actif)

Id	<u>promiseGoods</u>
Débiteur	<u>MARi</u> : Agent Marchand
Créditeur	<u>ACHi</u> : Agent Acheteur
Description	L'engagement du marchand envers l'acheteur `a livrer le produit si l'acheteur s'engage `a le payer.
Les Sanctions	<p>(100DA, 100DA, 20DA) : les sanctions appliquées au débiteur de l'engagement social. . L'agent Marchand <u>MARi</u> devra payer 100DA à <u>MARi</u> s'il viole cet engagement, 80DA s'il annule et 20DA s'il le modifie.</p> <p>(20DA, 0 DA) : les sanctions appliquées au créditeur de l'engagement social. l'agent <u>Achteur ACHi</u> (créditeur) devra payer 40DA au Marchand s'il modifie l'engagement et 0 DA s'il le libère .</p>

Tab .4.3 Le deuxième engagement

3^{ème} engagement :

C (promiseReceipt, ACHi, MARi, payer → Envoyer Reçu,(10/03/2010,nul),
(100DA, 100DA, 20DA), (40DA, 0 DA), Actif)

Id	<u>promiseReceipt</u>
Débiteur	<u>MARi</u> : Agent Marchand
Créditeur	<u>ACHi</u> : Agent Acheteur
Description	L'engagement du marchand envers l'acheteur `a envoyer un reçu lorsque l'acheteur paie le produit.
Les Sanctions	(100DA, 100DA, 20DA) : les sanctions appliquées au débiteur de l'engagement social. . L'agent Marchand <u>MARi</u> devra payer 100DA à <u>MARi</u> s'il viole cet engagement, 80DA s'il annule et 20DA s'il le modifie. (20DA, 0 DA) : les sanctions appliquées au créditeur de l'engagement social. l'agent <u>Achteur ACHi</u> (créditeur) devra payer 40DA au Marchand s'il modifie l'engagement et 0 DA s'il le libère .

Tab .4.4 Le troisième engagement

I. Les outils de développements

Pour réaliser notre application **d'achat/vente des produits**, nous avons utilisé un ensemble d'équipements logiciels Requis pour le développement, ceux-ci sont décrits dans ce que suit :

3.2.Aglets Workbench :

Nous avons réfléchi sur la plateforme nécessaire à la réalisation de notre projet, et remplir les objectifs que nous avons énoncé, sachant que nos connaissances nous permettent de développer plus rapidement en Java, Toutefois, notre application a besoin d'un mécanisme qui implémente les agents logiciels, ceux-ci a imposé d'orienter notre choix sur l'ASDK.

L'API Aglet Java est une norme proposée pour développer des agents basés sur java. Celle-ci a été développée par une équipe de chercheurs du laboratoire d'IBM Tokyo au Japon; L'API offre les principaux outils pour gérer les agents d'un SMA (gestion,

transmission des messages, migration des agents,...etc.) .Elle fournit une plate-forme uniforme pour les agents dans un environnement hétérogène tel que celui de l'Internet.

La plateforme Aglet inclut les services et les outils suivants :

3.2.1. Un protocole de transfert d'agent (ATP) :

ATP est utilisé, comme son nom l'indique, pour transférer, de manière uniforme et quelle que soit la plate-forme, des agents à travers le réseau. C'est un protocole standard de niveau applicatif, adapté à la communication sur Internet. ATP gère ainsi les URL (Universal Resource Locator) pour localiser les ressources et les agents. ATP supporte le transfert d'agents écrit dans des langages différents. Et fournit un mécanisme de transport et d'interrogations d'agents uniforme à travers le réseau. Dans notre cas ATP est implémenté de manière indépendante à la plate-forme Aglets, tout en y étant intégré. Totalement écrit en Java, il fournit des classes de gestion des démons ATP et de génération de requêtes et de réponses vers des sites ATP.

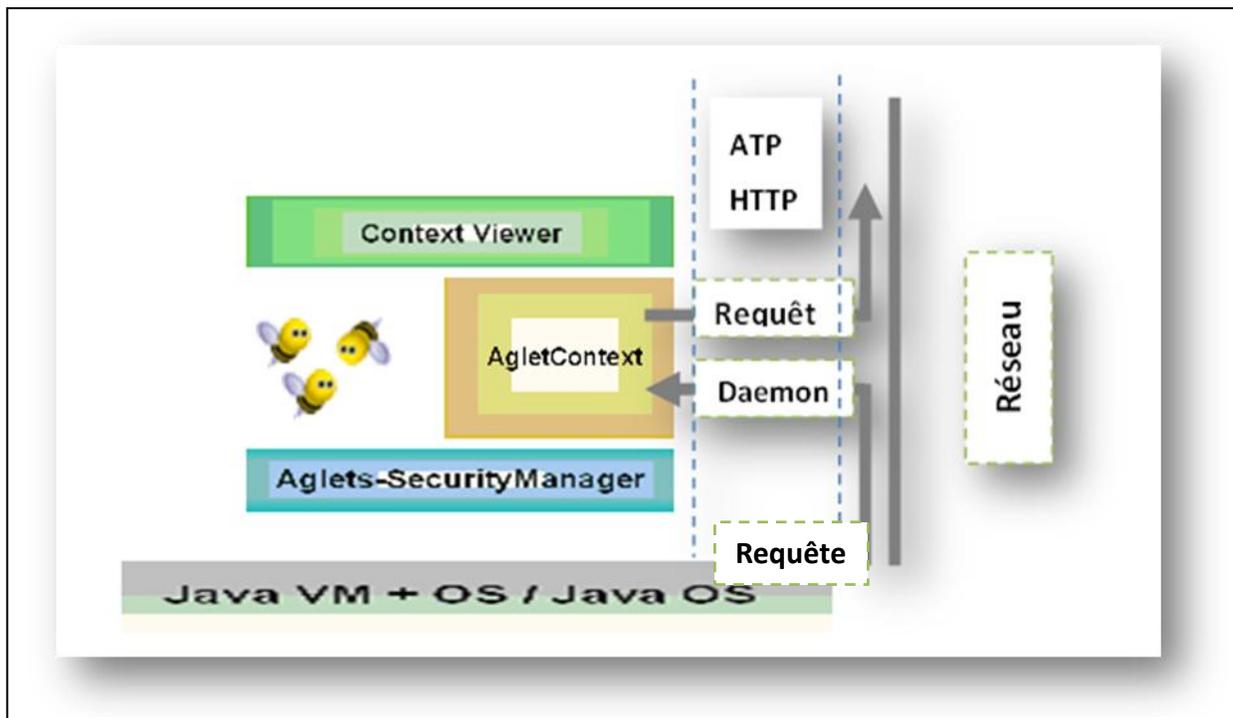


Fig. 4.2 Le protocole de transfert d'agent -ATP-

Les ingénieurs d'IBM ont mis en avant diverses situations dans lesquelles un aglet peut se trouver. Ils peuvent être : en cours de création, d'exécution, de déplacement, de libération ou bien stocké sur disque. Découper le cycle de vie d'un aglet en événements (ou situations) distincts permet de bien définir ce qui peut être effectué sur un aglet en fonction de la partie du cycle de vie dans laquelle il se trouve.

Ainsi un Aglet peut se trouver dans l'une des situations suivantes :

- Instancié par un Contexte,
- cloné,
- déporté vers un autre contexte,
- rétracté vers son contexte d'origine,
- désactivé lorsque stocké dans une mémoire secondaire,
- activé lorsque restauré à partir d'une mémoire secondaire,
- libéré, lorsqu'il n'est plus utilisé.

Les principales opérations affectant la vie d'un aglet sont :

3.2.1.1. Création

- ▶ La création d'un Aglet se fait dans un Contexte.
- ▶ Un Identifiant unique est assigné à ce nouvel Aglet.
- ▶ L'initialisation et l'exécution de l'Aglet commence immédiatement.

3.2.1.2. Clonage

- ▶ Le clonage d'un Aglet produit une copie presque identique de l'Aglet original dans le même **contexte**
 - ▶ Un Identifiant Différent est alors attribué.
 - ▶ le clone possèdera son propre thread d'exécution, a noter que les processus (thread) ne peuvent pas être clonés.

3.2.1.3. Déportation (Dispatching)

Transfert d'un Aglet d'un contexte à un autre, l'enlèvera de son contexte courant et l'insérera dans le contexte de destination. On dit que l'Aglet à été *poussé* vers son nouveau contexte.

3.2.1.4. Récupération (Retraction)

L'Aglet déporté est récupéré (*tiré*) dans son contexte d'origine.

3.2.1.5. Activation et Désactivation

- ▶ La désactivation d'un Aglet une interruption temporaire de son exécution et stockage de son état dans un support secondaire de stockage.
- ▶ L'activation d'un Aglet le reconstituera dans un contexte.

3.2.1.6. Libération ou destruction

La destruction de l'Aglet représente la fin de vie de l'Aglet et son retrait du contexte.

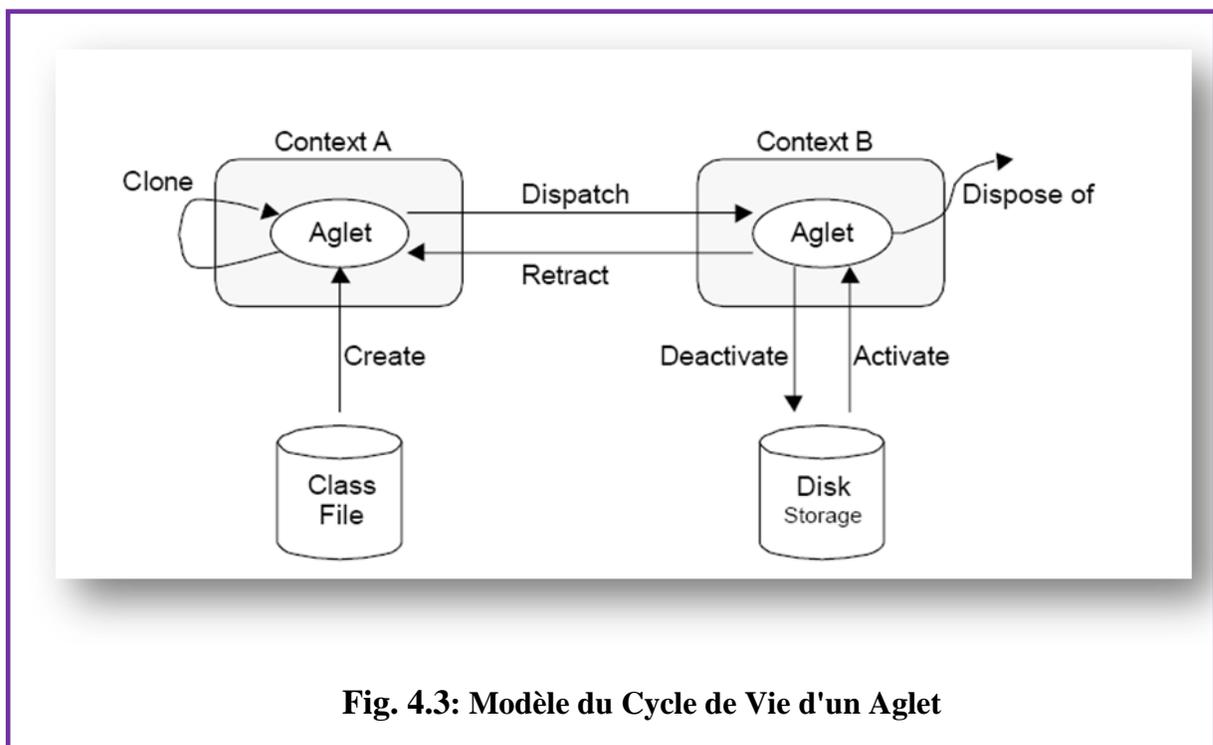


Fig. 4.3: Modèle du Cycle de Vie d'un Aglet

3.2.2. Tahiti : un gestionnaire d'agents visuel

Tahiti utilise une interface graphique unique pour suivre et contrôler l'exécution des Aglets. Il est possible en utilisant le glisser-déposer de faire communiquer deux agents ou de les faire migrer vers un site particulier. Tahiti dispose d'un gestionnaire de sécurité paramétrable qui détecte toute opération non autorisée et empêche l'agent de la réaliser.

Pour exécuter l'une des parties réalisée dans notre simulation, il faut d'abord que le serveur Tahiti doive être installé sur chacune des machines communicantes que visitent les agents.

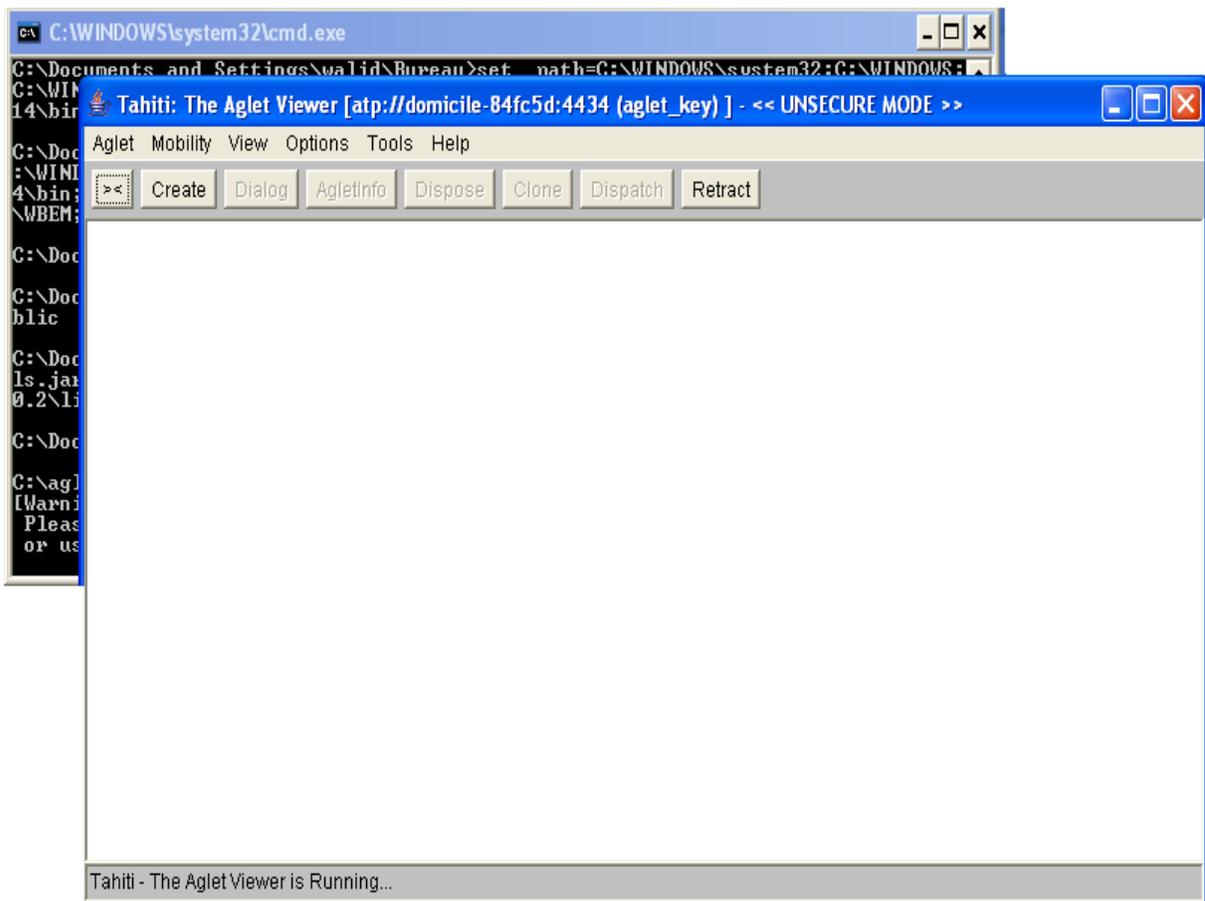


Fig. 4.4 Interface de Tahiti

3.3.Java

Le choix de la plateforme Aglet nous a imposé de programmer l'application en langage Java.

Java est un langage de programmation développé par *Sun Microsystems*. Les premières versions datent de 1995, il a réussi à intéresser et intriguer beaucoup de développeurs à travers le monde.

Les principales caractéristiques du Java qu'on utilise pour la mise en œuvre de notre application :

- **Orienté objet** : Java est un langage *full Object* c'est-à-dire qu'il respecte une approche orientée objet de la programmation, celle-ci nous a aidé à diviser **l'application** en un ensemble d'objets.
- **Portable** : avec cette caractéristique, on peut être exécuté indépendamment du système d'exploitation, à condition bien sûr qu'un environnement d'exécution (i.e. une *machine virtuelle*) soit disponible sur ce dernier.
- **Doté d'une API évoluée** : Java est livrée en standard avec une importante API (*Application Programming Interface*).
- **Orienté réseau** : Java est intrinsèquement prévu pour fonctionner dans un environnement réseau avec la plupart des protocoles, tels que ATP,HTTP .

Java est donc un langage puissant et performant, tirant expérience des autres langages apparus avant lui.

Les programmes sont développés avec la version 1.6 du JDK (*Java Development Kit*).

3.4.Editeur de texte :

JCraetor est un environnement de développement interactive (IDE : *Interactive Development Environment*), conçu pour écrire des programmes lisibles en Java.

JCreator a été conçu pour fournir la puissance et les fonctionnalités d'un éditeur de texte de haut niveau.

Parmi ses fonctionnalités qui nous ont orientés de le choisir plutôt que les autres :

- Facilite la gestion du projet.
- Créer des fichiers jar.
- Compiler et exécuter le code source d'une manière simple plutôt que d'utiliser shell.
- Personnalisez l'interface utilisateur comme vous préférez.
- Vous pouvez adapter la palette de couleur pour chaque classe.
- ... etc.

4. Modélisation AUML de l'application

4.1. Diagramme de classes

Le diagramme qui va suivre a été établi particulièrement dans le but de montrer l'architecture ou la structure statique de l'application en représentant les différentes classes qui les constituent et les liens entre celles-ci.

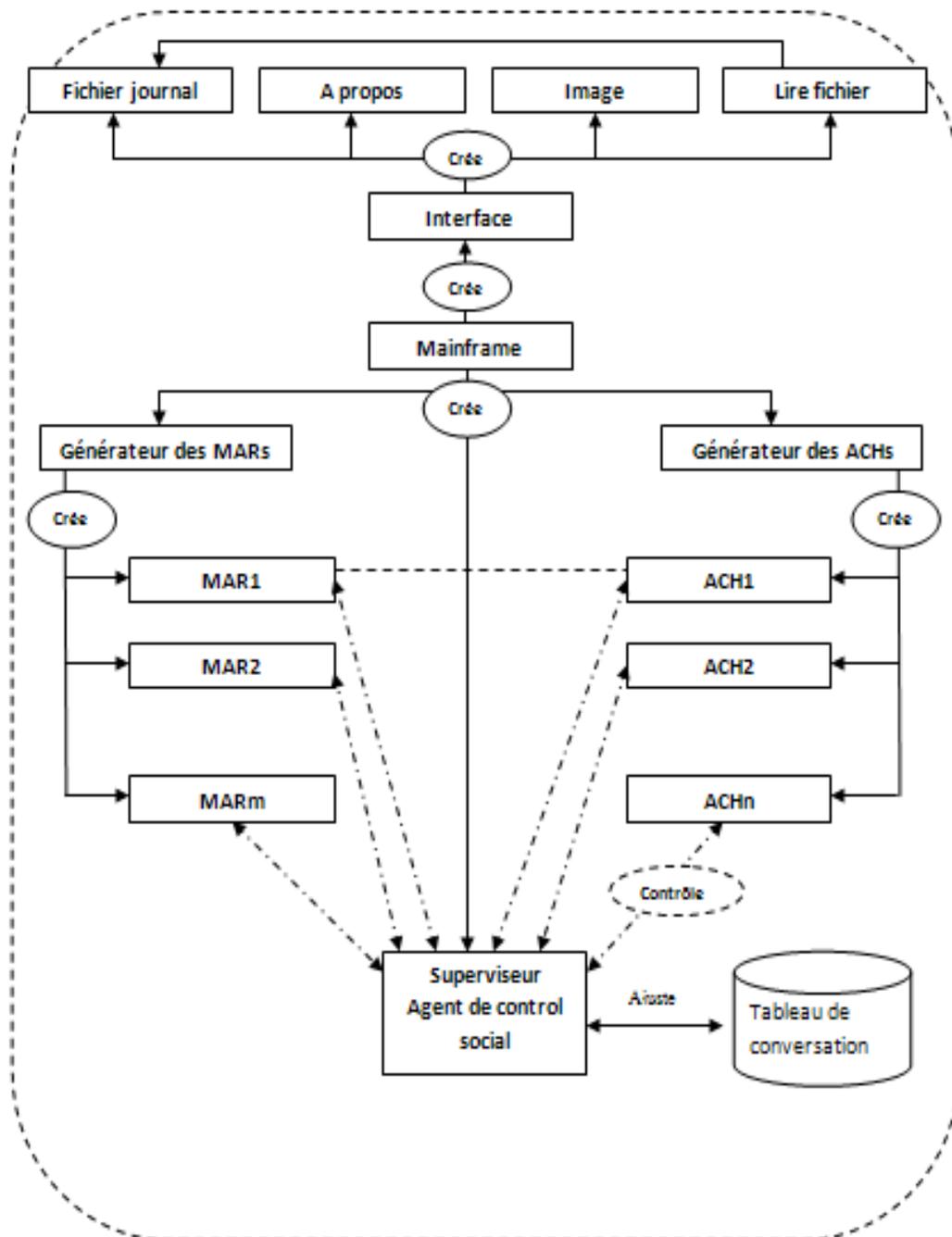


Fig. 4.5 Diagramme des classes

4.2.Détaille des classes

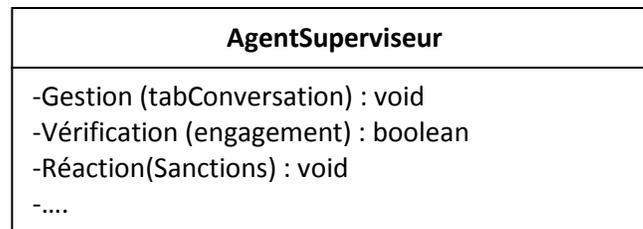
Dans cette section, nous allons présentés les détaillies des agents, dont le rôle est pertinent dans le fonctionnement de notre étude de cas :

4.2.1. Classe AgentSuperviseur

4.2.1.1. Présentation :

Cette classe étend de la classe Aglet, elle a la responsabilité d'appliquer les sanctions sur les agents concernés et ajuster le contenu de tableau de conversations. Créer des rapports de confiance.

4.2.1.2. Diagramme :



4.2.1.3. Mise en œuvre

```
Public class AgentSuperviseur extends Aglet {
    EtatEngchange=false; //variable d'instance
    EngViolé-Annulé=false;

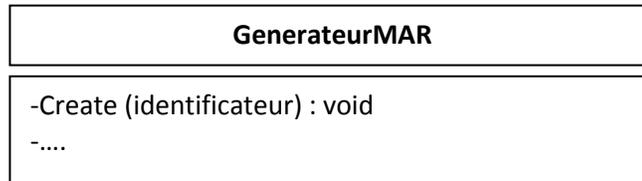
    Public void run () {
    If (EtatEngChange) {
        Adjuster (Tab); // Ajuster le contenu de tableau de conversation
    }
    If (EtatEngChange) {
        If (Vérification (Eng) ==true) {
            Réaction(Sanction) ; //appliquer les sanctions
        }
    }
}
}
```

4.2.2. Classe GenerateurMAR

4.2.2.1. Présentation

Cette classe étend de la classe Aglet, elle a la responsabilité de créer les agents Marchands à l'aide de la méthode **create()**, un *identifiant* unique lui est assigné. Après sa création l'agent Marchand est *initialisé* et son thread d'*exécution* commence.

4.2.2.2. Diagramme



4.2.2.3. Mise en œuvre

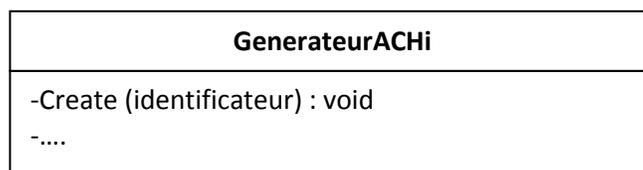
```
Public class GenerateurMAR extends Aglet {
Public void run () {
    Try {
        getAgletContext().createAglet(GetCodeBase(),"AgentMARI",null);
    } catch (Exception e) {
        System.out.println(e.getMessage());
    }
}
}
```

4.2.3. Classe GenerateurACH

4.2.3.1. Présentation

Cette classe étend de la classe Aglet, elle a la responsabilité de créer les agents Acheteurs à l'aide de la méthode **create()**, un *identifiant* unique lui est assigné. Après sa création l'agent Acheteur est *initialisé* et son thread d'*exécution* commence.

4.2.3.2. Diagramme



4.2.3.3. Mise en œuvre

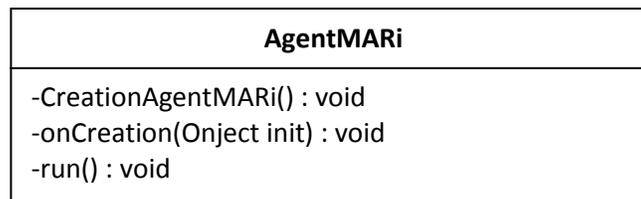
```
Public class GenerateurACH extends Aglet {  
Public void run () {  
    Try {  
        getAgletContext().createAglet(GetCodeBase(),"AgentACHi",null);  
    } catch (Exception e) {  
        System.out.println(e.getMessage());  
    }  
}  
}
```

4.2.4. Classe AgentMARI

4.2.4.1. Présentation

Cette classe étend de la classe Aglet, elle a la responsabilité de vendre les produits.

4.2.4.2. Diagramme



4.2.4.3. Mise en œuvre

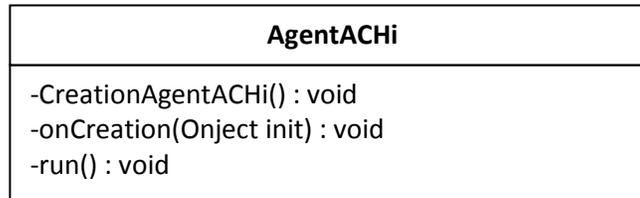
```
Public class AgentMARI extends Aglet {  
    Public AgentMARI(){ //la méthode constructeur  
    }  
    Public onCreation(Object init) {  
    }  
    Public void run () {  
    }  
}
```

4.2.5. Classe AgentACHi

4.2.5.1. Présentation

Cette classe étend de la classe Aglet, elle a la responsabilité de l'achat des produits.

4.2.5.2. Diagramme



4.2.5.3. Mise en œuvre

```
Public class AgentACHi extends Aglet {  
    Public AgentACHi(){ //la méthode constructeur  
    }  
    Public onCreation(Object init) {  
    }  
    Public void run () {  
    }  
}
```

4.3.Fonctionnalités de l'application :

Dans cet application on peut distinguer quatre composants importants, dans ce que suit Regardons le rôle de ces composants.

4.3.1. Liste des agents créés

Cette liste contient simplement le nom des agents qui ont été créés et qui font partie de la simulation courante. Ce sont ces agents qui communiqueront à l'intérieur de la simulation. On peut afficher l'agenda d'un agent en le sélectionnant dans la liste des agents créés.

4.3.2. Agenda d'un agent

A tout moment, lors d'une simulation, il est possible de consulter l'agenda des agents qui communiquent. Comme nous l'avons déjà mentionné, l'agenda d'un agent est en quelque sorte un "entrepôt d'engagements" où tous les engagements de l'agent sont classifiés en fonction de leur temps de création. L'agenda contient également l'état des différents engagements. En observant l'agenda d'un agent, il est facile d'observer les conséquences qu'ont les différentes actions de l'agent à l'intérieur d'une conversation.

4.3.3. Liste des messages qui sont échangés entre deux agents

Cette liste contient l'ensemble des messages qui sont échangés lors d'une conversation entre deux agents sous forme d'un diagramme de séquence.

4.3.4. Table des conversations

A tout moment, lors d'une simulation, il est possible de consulter le tableau des conversations. Ce tableau contient l'ensemble des engagements créés dans le système.

4.4. Les métriques d'évaluation des conversations :

Dans le but d'évaluer la qualité des conversations qui se déroulent à l'intérieur de la simulation, nous avons défini différentes métriques. Ces métriques permettent de vérifier et valider le comportement dialogique des agents d'un SMA et ont été définies sur trois niveaux :

- Métriques pour l'agent du contrôle social.
- Métriques pour un dialogue entre deux agents.
- Métriques pour un seul agent.

De plus, pour chacun de ces niveaux, on retrouve trois types de métriques : des métriques concernant les engagements, des métriques concernant les sanctions et des métriques générales. Voyons donc de plus près les métriques qui ont été définies pour chacun de ces niveaux et chacun de ces types.

4.4.1. Métriques pour l'agent du contrôle social :

Comme l'agent de contrôle social a un tableau de conversations qui contient tous les engagements créés dans le système avec leur propre situation. Il est donc intéressant d'analyser ces métriques pour vérifier si l'ensemble des agents d'un SMA communiquent adéquatement. Ces métriques permettent d'avoir une vision globale du comportement d'un SMA. Alors que ces métriques montrent si les agents d'un SMA acceptent facilement de 's'engager, s'ils ont tendance à violer leurs engagements et avec qui. Les différentes métriques utilisées sont présentées dans le tableau suivant [Tab 4.5]:

	Métrique
Engagement	Nombre total d'engagements créés
	Nombre total d'engagements remplis
	Nombre total d'engagements libérés
	Nombre total d'engagements violés
	Nombre total d'engagements annulés
Général	Nombre d'agents formant le SMA
Sanction	Nombre d'agents sanctionné par l'agent de contrôle social et combien de fois.

Tab .4.5 Métriques pour l'agent du contrôle social

4.4.2. Métriques pour un dialogue entre deux agents.

Dans plusieurs cas la vision globale du SMA n'est suffisante, car cette dernière ne nous permet pas d'identifier d'une manière précise la source du problème. Donc il est intéressant de considérer les métriques pour un dialogue entre deux agents. Ces métriques permettent d'analyser tout ce qui se passe lors d'un dialogue entre deux agents et tout ce qui découle de ce dialogue. Il est donc possible d'analyser en détail toutes les conversations qui se déroulent à l'intérieur d'un SMA pour cibler les interactions qui posent problème.

Le tableau suivant **Tab 4.6** présente les différentes métriques utilisées pour évaluer le dialogue entre deux agents (agent A et agent B).

	Métrique
Engagement	Nombre total d’engagements créés (engagements entre A et B)
	Nombre total d’engagements remplis (engagements entre A et B)
	Nombre total d’engagements libérés (engagements entre A et B)
	Nombre total d’engagements violés (engagements entre A et B)
	Nombre total d’engagements annulés (engagements entre A et B)
sanction	Nombre de fois où l’agent de contrôle social appliquer des sanctions sur l’agent A.
	Nombre de fois où l’agent de contrôle social appliquer des sanctions sur l’agent B.

Tab .4.6 Métriques pour un dialogue entre deux agents

4.4.3. Métrique spécifiques à un seul agent

On constate que les deux niveaux des métriques qui sont déjà présentées ne sont pas suffisantes, car dans certain cas, il est possible que ce soit un seul agent qui soit responsable du mauvais fonctionnement d’un SMA.

Le tableau suivant **Tab .4.7** présente ces différentes métriques pour un agent X :

	Métrique
Engagement	Nombre total d'engagements dont x est le crédeur
	Nombre total d'engagements dont x est le débiteur
	Nombre total d'engagements annulés par x
	Nombre total d'engagements libérés par x
	Nombre total d'engagements remplis dont x est le crédeur
	Nombre total d'engagements remplis dont x est le débiteur
	Nombre total d'engagements violés per x
Général	Nombre total d'engagements auxquels x participe
Sanction	Nombre de fois que l'agent X est sanctionné par l'agent de contrôle social.

Tab .4.7 Métrique spécifiques à un seul agent

4.5.Résultats et analyse

Cette section vise à présenter les résultats recueillis lors des différentes simulations de l'organisation du Acheteurs-Marchands. Nous avons simulé 360 organisations du Acheteurs-Marchands pour analyser l'évolution des agents d'une simulation à l'autre.

Pour effectuer ces simulations, nous avons défini les agents suivants :

-1 agent de contrôle social.

-5 agents Marchands.

-15 agents Acheteurs.

Nous avons, pour chacun de ces agents, défini un fichier de comportement ainsi que différentes préférences. Par exemple, les agents Acheteurs veulent acheter des produits (livres électroniques...etc.), avec des prix raisonnables. De son côté, Les agents Marchands désire vendre le plus grand nombre de leurs produits.

Note : les fichiers de comportement et les préférences soit des agents acheteurs ou Marchands ont été définis de façons d'avoir un groupe d'agents diversifiés.

Nous présentons ici les résultats de l'analyse de sept métriques que nous jugeons importantes pour évaluer la qualité du travail de l'agents de contrôle social, les acheteurs et les agents Marchands. Ces sept métriques sont les suivantes :

- Le pourcentage des engagements respectés par les agents Marchands.
- Le pourcentage des engagements annulés par les agents Marchands.
- Le pourcentage des engagements violés par les agents Marchands.
- Le pourcentage des engagements respectés par les agents Acheteurs.
- Le pourcentage des engagements annulés par les agents Acheteurs.
- Le pourcentage des engagements violés par les agents Acheteurs.
- Le nombre d'engagements créés, remplis, violés et annulés par chaque agent de l'organisation SMA.

4.5.1. Le pourcentage des engagements respectés par les agents Marchands.

Comme on a déjà présenté, un agent acheteur représente un utilisateur humain qui lui définit ses intérêts (type d'item ou item spécifique) et établit les limites des ressources financières que l'agent a à sa disposition par item (valeur limite ou plafond).il tendra donc de communiquer des agents Marchands qui répondent à leurs besoins, ainsi ont tendance à respecter leurs engagements.

Il donc pertinent de constater le pourcentage des engagements respectés par les agents Marchands. Pour vérifier si le comportement des agents acheteurs s'améliore dans le processus d'achat-vente des produits. Normalement le pourcentage des engagements respectés par les différents agents Marchands, devrait augmenter d'une simulation à

l'autre si les agents acheteur réussissent à cibler les agents Marchands qui tendent de respecter leurs engagements.

Le graphique **Fig. 4.5** Représente le pourcentage d'engagements remplis par les agents Marchands pour chaque simulation.

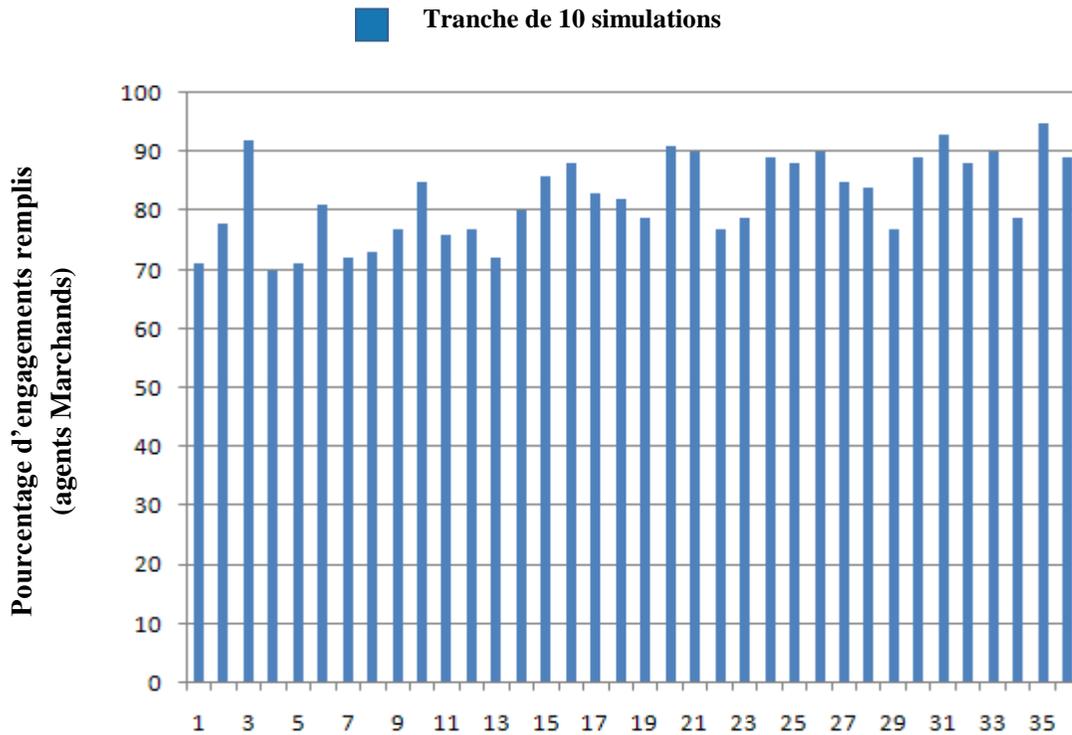


Fig. 4.5 Résultats de simulation-Pourcentage d'engagements remplis (Marchands)

Lorsque nous examinons le graphique, on constate une grande variation entre les résultats des différentes simulations. Ces écarts entre les résultats des différentes simulations sont attribuables à différents facteurs. Le premier facteur est le comportement aléatoire des agents qui forment le SMA (fichiers du comportement). Le deuxième facteur concerne l'agent lui-même. Par exemple un agent Marchand qui respecte 95% des ses engagements sera probablement considéré comme digne de confiance par les acheteurs, mais risque tout de même ne pas respecter certains de ses engagements.

Pour bien analyser les résultats, on a calculé la droite de régression linéaire des données, cette dernière nous montre que le pourcentage d'engagement remplis est croissant d'une simulation à l'autre. Ce graphique nous permet donc de conclure que les agents acheteurs s'améliorent lors de l'organisation du SMA.

4.5.2. Le pourcentage des engagements annulés par les agents Marchands.

Comme nous l'avons déjà mentionné, les agents acheteur tendent d'éviter les agents Marchand qui ne respectent pas ses engagements envers les autres. il est donc intéressant d'observer le pourcentage des engagements annulés par les agents Marchands d'une simulation à l'autre.

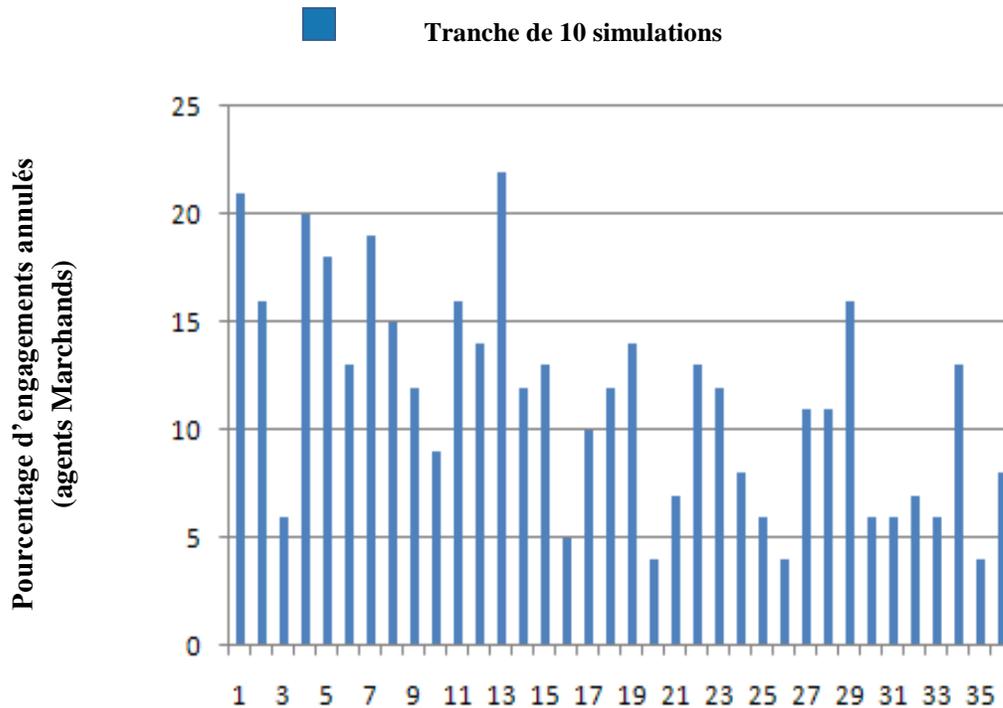


Fig. 4.6 Résultats de simulation-Pourcentage d'engagements annulés (Marchands)

Le graphique Fig. 4.6 Représente le pourcentage d'engagements annulés par les agents Marchands pour chaque simulation. Donc on conclut que les acheteurs s'orientent progressivement à communiquer que les marchands qui ont tendance à respecter ses engagements régulièrement.

D'après ce graphique on constate que les Marchands ont tendance à annuler de moins en moins d'engagements d'une simulation à l'autre.

4.5.3. Le pourcentage des engagements violés par les agents Marchands.

Comme nous l'avons déjà mentionné, les agents acheteur tendent d'éviter les agents Marchand qui ne respectent pas ses engagements envers les autres. il est donc intéressant

d'observer le pourcentage des engagements violés par les agents Marchands d'une simulation à l'autre.

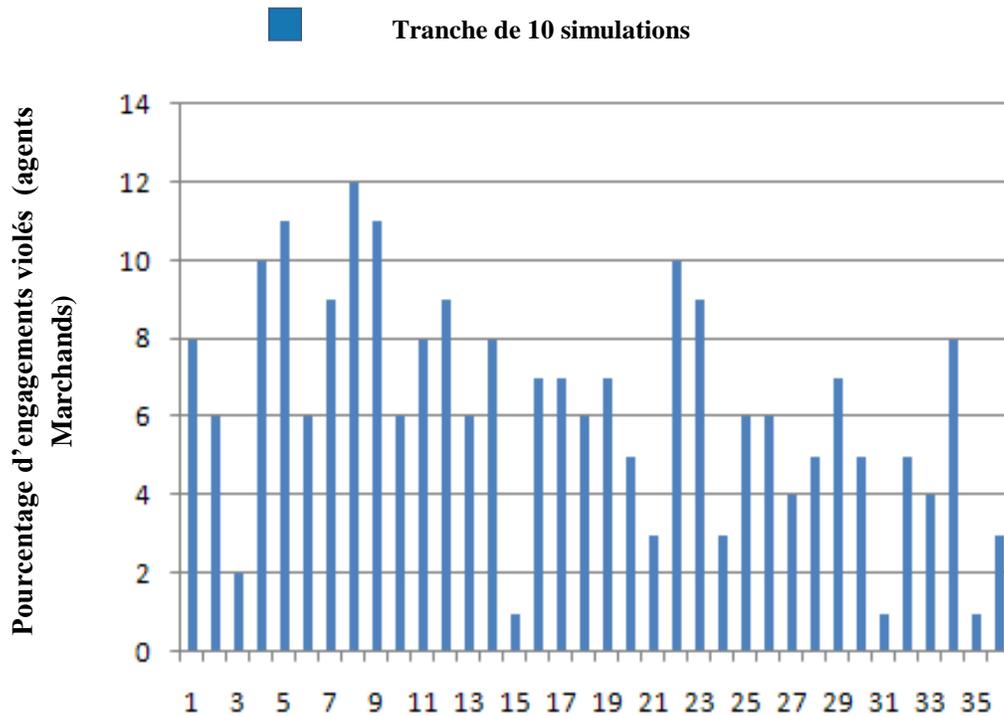


Fig. 4.7 Résultats de simulation-Pourcentage d'engagements violés (Marchands)

Le graphique **Fig. 4.7** Représente le pourcentage d'engagements annulés par les agents Marchands pour chaque simulation. Donc on conclut les acheteurs s'orientent progressivement à communiquer que les marchands qui ont tendance à respecter ses engagements régulièrement.

D'après ce graphique on constate que les Marchand ont tendance à violer de moins en moins d'engagements d'une simulation à l'autre.

Remarque : ce qui concerne Le pourcentage des engagements respectés (annulés et violés) par les agents Acheteurs. On constate qu'ils donnent respectivement, les mêmes résultats que Le pourcentage des engagements respectés (annulés et violés) par les agents Marchands.

4.5.4. Le nombre d'engagements créés, remplis, violés et annulés par chaque agent.

Agents	Nombre d'engagements créés par l'agent	Nombre d'engs violé ou annulé par l'agent	Nombre d'engagements remplis par l'agent
M1	1559	473	1086
M2	7980	16	7964
M3	4805	153	4652
M4	4600	145	4455
M5	731	592	139
A1	800	450	350
A2	1285	271	1014
A3	102	93	9
A4	2722	103	2619
A5	1265	353	912
A6	1199	393	806
A7	312	197	115
A8	679	388	291
A9	3083	85	2998
A10	4067	19	4048
A11	400	292	108
A12	206	158	48
A13	1389	196	1193
A14	1170	371	799
A15	996	479	517

Tab .4.8 Métrique Le nombre d'engagements créés, remplis, violés et annulés par chaque agent du SMA.

D'après les résultats énumérés ci-dessus dans la table, on constate que les agents qui ont tendance d'annuler ou de violer ses engagements envers les autres agents du SMA, ils ont créés un petit nombre d'engagements par rapport aux agents qui ont tendance à respecter ses engagements envers les autres. Par exemple, l'agent Marchand M5 n'a pas respecté 592 d'engagements parmi 731 engagements dans lesquels il a participé. Tandis que l'agent Marchand M2 a participé à 7980 engagements et il a respecté presque tous ses engagements sauf 16 engagements. Donc on observe que : plus que les agents respectent

ses engagement plus que ils ont réussit à créer plus d'engagements. Car les autres agents du SMA devraient réussir à identifier les agents qui respectent leurs engagements et apprendre à acheter (vendre) des produits plus efficacement. Les agents du SMA donc ajustent ses niveaux de confiance en fonction des actions des autres agents du système.

Afin de clarifier les choses de plus en plus et comment les agents ajustent le niveau de confiance d'une simulation à l'autre. Il est intéressant d'observer l'évolution du nombre d'engagements établies à la fois par l'agent Marchand M2 et l'agent Marchand M5, d'une simulation à l'autre (M5 est l'agent qui a annulé le grand nombre d'engagements et M2 est l'agent qui respecte presque tous ses engagements envers les autres).

Le graphique **Fig. 4.8** Représente l'évolution du nombre d'engagements établis à la fois par l'agent Marchand M2 et l'agent Marchand M5, d'une simulation à l'autre. D'après ce graphique, on constate que, les deux agents (M2 et M5) ont été participés dans 50 engagements (de tranche 01 jusqu'au tranche 10).

Mais à partir de dixième tranche de la simulation, nous constatons que, qu'il ya une variation importante dans le nombre d'engagements créés par chaque agents (M2 et M5). Où le nombre d'engagements établis par l'agent Marchant M2 est croissant d'une simulation à l'autre. Par contre nous constatons que, le nombre d'engagements établis par l'agent Marchant M5 est décroissant d'une simulation à l'autre.

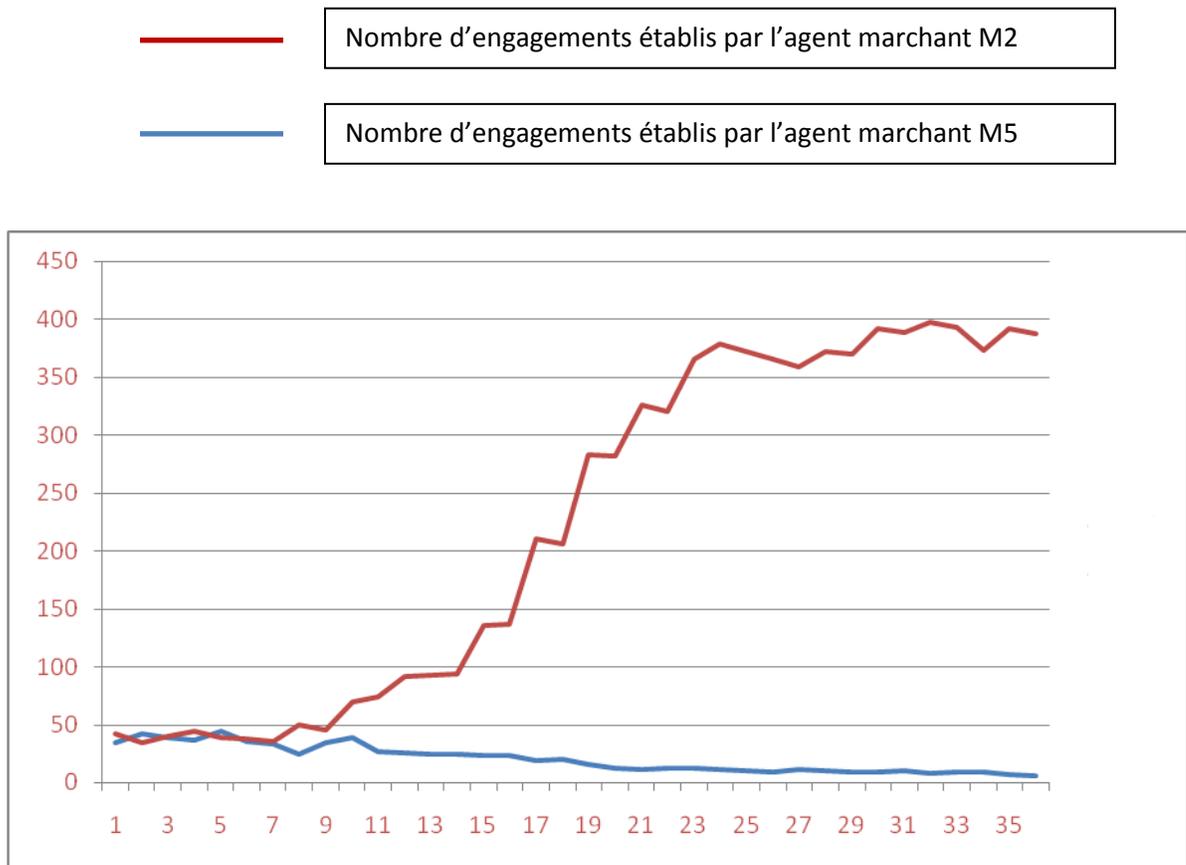


Fig. 4.8 Nombre d'engagements établis par les agents marchants M2 et M5.

De ces résultats, il est facile de constater que les agents qui constituent le SMA ont tendance à communiquer de plus en plus avec les agents qui ont tendance de respecter ses engagements envers les autres. Où les agents du système a été poursuivis avec les deux agents de mêmes chances, mais d'une simulation à l'autre, les agents du SMA ont commencé de communiquer avec les agents les plus confiants. Et tout cela avec l'aide de l'agent de contrôle social qui fournit aux agents du SMA le rapport de confiance, qui contient des informations précises sur tous engagements créés par tous les agents du système. En plus les sanctions appliquées aux agents qui ne respectent pas leurs engagements. Contribuent à l'isolement de ces agents.

5. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons illustré comment les différentes idées et concepts que nous avons présentés dans le chapitre précédent ont été mis en pratique à l'aide d'une simulation. Nous avons essayé de mettre en œuvre l'ensemble des idées qui caractérisent l'architecture proposée en se concentrant sur l'implémentation des engagements sociaux et son respect.

Tout d'abord, nous avons présenté la simulation et ses différents acteurs principaux et secondaires. Nous avons par la suite énuméré l'ensemble des engagements qui sont cachés dans les descriptions des différentes tâches de l'organisation des achats et ventes des produits. Finalement on a analysé les résultats recueillis lors des différentes simulations de l'organisation du Acheteurs-Marchands.

Conclusion générale

Dans ce mémoire, nous avons proposé modèle de communication entre agents basé sur les engagements sociaux et son respect. A cet effet, nous avons tout d'abord présenté, au premier chapitre, le cadre théorique dans lequel s'inscrit notre travail. On a expliqué comment une vision distribuée de l'intelligence artificielle est apparue pour faire face à la complexité des tâches à réaliser. On s'oriente progressivement vers la présentation des concepts d'agent et de Système Multi-Agent. Dans ce chapitre, nous nous focalisons sur les agents logiciels, ils se caractérisent particulièrement par leur capacité sociale, de communication et encore de coordination.

Par la suite, nous avons présenté, au chapitre 02, différentes approches qui ont été développées pour modéliser le dialogue agent. Nous avons présenté les deux grandes familles d'approches, discriminées selon leurs fondements théoriques très différents: les approches basées sur les états mentaux et les approches basées sur les engagements sociaux. Nous avons énuméré les avantages et les limites de ces approches et nous avons argumenté sur le fait que les approches basées sur les engagements sociaux sont fort prometteuses puisqu'elles pallient aux principaux inconvénients des approches mentalistes comme KQML et FIPA-ACL.

Dans le chapitre 03, Nous avons proposé modèle de communication entre agents basé sur les engagements sociaux. Par l'intermédiaire d'une sémantique sociale, qui nous a permis d'éliminer l'hypothèse de sincérité et nous permet de vérifier la sémantique des messages échangés. En effet, les engagements sociaux sont publics, donc vérifiables. De plus, l'utilisation d'une sémantique sociale nous permet de faire un pas en avant dans le développement d'un langage de communication pouvant être utilisé par des agents hétérogènes qui coexistent à l'intérieur d'un système ouvert. Comme les engagements sociaux sont indépendants de l'architecture interne des agents, les agents qui communiquent doivent simplement partager le modèle d'engagements pour interpréter les messages échangés. Nous avons présentons ensuite un système de contrôle social, qui permet d'utiliser des sanctions attachées aux engagements lors de leur création qui assure la parité souhaitée pour les systèmes multi-agents ouverts.

Finalement, dans le but de montrer la faisabilité de l'architecture proposée d'un côté, et pour mieux comprendre son fonctionnement d'autre côté, nous avons validé notre travail par un exemple concret « l'exemple d'achat et la vente en ligne des produits ». Où le chapitre 04 nous a permis de présenter les différents résultats des simulations de conversation.

Ce mémoire constitue une base de travail à partir du quelle, de nouvelles activités de recherche peuvent être lancées afin d'améliorer le travail présenté. Les perspectives que nous proposons peuvent donc s'orienter vers les directions suivantes :

Satisfaction et non satisfaction des engagements

Ce modèle d'engagement social ne définit pas clairement la satisfaction et non satisfaction des engagements. Cependant, cette notion de satisfaction d'engagements est très importante, car elle est essentielle pour vérifier si les engagements d'un SMA sont remplis ou violés. Dans notre modèle nous avons laissé la méthode de détection des violations au concepteur du SMA.

Ontologie des sanctions

Il reste donc beaucoup de travail à faire pour déterminer les types de sanctions à utiliser (sociales, matérielles, psychologique).

Références

[Allen et Perrault, 1980]: Allen, J. F. et Perrault, C. R. (1980). Analysing intention in dialogues, *Artificial Intelligence*, pages 23, 46.

[Allwood 1994]: Allwood, J. (1994). Obligations and options in dialogue. *Think Quaterly*, pages 12, 34.

[Austin, 1962]: Austin, J. L. (1962). *How to do Things with Words*. Oxford University Press.

[Boissier, 2001] : Boissier, O. (2001). *Systèmes Multi-Agents*, Cours SMA-DEA-CCSA, SMA/ENS Mines Saint-Etienne.

[Briot et Demazeau, 2001]: Briot, J. P. et Demazeau, Y. (2001). *Principes et architecture des systèmes multi-agents*. Paris.

[Castelfranchi, 1995]: Castelfranchi, C. (1995). Commitments: from individual intentions to groups and organizations. Dans *Proceedings of the First International Conference on Multi-Agent Systems (ICMAS-95)*, pages 41.48, San Francisco, USA.

[Carberry, 1990]: Carberry, S. (1990). *Plan Recognition in Natural Language Dialogue*. The MIT Press: Cambridge, USA.

[Chaib-draa, 1999]: Chaïb-Draa, B. (1999). *Agents et Systèmes Multi-agents* .Notes de cours. Département d'informatique, Faculté des sciences et de génie, Université Laval, Québec.

[Chaib-draa et Vanderveken, 1998]: Chaib-draa, B. et Vanderveken, D. (1998). *Agent communication language*, Paris, France.

[Chaib-draa et vongkasem 2000]: Chaib-draa, B. et Vongkasem, L. (2000). *ACL as a joint project between participants*, pages 234.240. Springer-Verlag : Heidelberg, Germany.

[Colombetti, 2000]: Colombetti, M. (2000). A commitment-based approach to agent speech acts and conversations. Dans *Proceedings of the 4th International Conference on Autonomous Agents (Agents'00) Workshop on Agent Languages and Communication Policies*, pages 15–29, Barcelone.

[Dastani, Hulstijn et Torre, 2000]: Dastani, M., Hulstijn, J. et Torre, L. V. (2000). Negotiation protocols and dialogue games. Dans le Proceedings of the Belgium/Dutch AI Conference (BNAIC'2000), Kaatsheuvel, Holland.

[Drieu, 2001] : Drieu. B. (Octobre 2001). L'intelligence artificielle distribuée appliquée aux jeux d'équipe situés dans un milieu dynamique.

[Durfee, 1991]: Durfee. E. H. (1991). Coordination as distributed search in a hierarchical behavior space.

[Durfee et Lesser, 1987]: Durfee. E. H., et Lesser. V. R. (1987). Using Partial Global Plans to Coordinate Distributed Problem Solving. Dans le Proceedings of the 10th IJCAI, pages 875-883, Milan, Italy.

[Durfee et Lesser, 1989]: Durfee. E. H., et Lesser. V. R. (1989). Negotiating task decomposition and allocation using partial global planning. pages 229-244.

[Ferber, 1990]: Ferber. J. (1990). Conception et Programmation par Objets. Technologies de pointe - informatique, Hermes.

[Ferber, 1995]: Ferber J. (1995). Les systèmes Multi-Agents : vers une intelligence collective. Inter Edition, Paris, France.

[Finin, Fritzson, James, 1995]: Finin, T., Labrou Y. et James M. (1995). KQML as an agent communication language. Computer Science and Electrical Engineering University of Maryland Baltimore County Baltimore MD USA September.

[Finin, Labrou et James, 1995]: Tim Finin, Yannis Labrou and James Mayfield. KQML as an agent communication language. Computer Science and Electrical Engineering University of Maryland Baltimore County Baltimore MD USA September, 1995.

[FIPA, 2009]: [FIPA SL Content Language Specification]. <http://www.fipa.org/specs/fipa00008/SC00008I.html> (Page consultée Mars 2009).

[Flores, Kremer, 2004]: Flores, R. et Kremer, R. C. (2004). A principled modular approach to construct executable conversation protocols. Springer-Verlag : Heidelberg, Germany.

[Hewitt, 1977]: Hewitt. C. (1977). Viewing control structures as patterns of passing messages. Artificial Intelligence, pages 303–364.

[Jarras et Chaib-draa, 2002] : Jarras. I. et Chaib-draa. B. (Juillet 2002) Aperçu sur les systèmes multi agents, pages 05-10.Montréal.

[Labrou, 1996]: Labrou, Y. (1996). Semantics for an Agent Communication Language. Thèse de doctorat, University of Maryland Graduate School.

[Lange and Oshima, 1998]: Lange. B. et Oshima. M. (1998). Programming And Deploying Java Mobile Agents with Aglets.

[Luzzati, 1989]: LUZZATI D. (1989). « Recherches sur le dialogue homme-machine, modèles linguistiques et traitement automatique », Thèse d'état, Université de la Sorbonne.

[Mathieu, 2005] : Mathieu. B. (2005). Spécification, modélisation et analyse du dialogue entre agents par l'intermédiaire des engagements sociaux. Faculté des sciences et de génie université Laval Québec, juillet 2005.

[Maudet, 2001]: Maudet, N. (2001). Modéliser les Conventions des Interactions Langagières : la Contribution des Jeux de Dialogue. Thèse de doctorat, Ecole Nationale Supérieure d'Electrotechnique, d'Electronique, d'Informatique, d'Hydraulique et des Télécommunications (ENSEEIH), Université Paul Sabatier (UPS), Toulouse, France.

[Maudet et Chaib-draa, 2002] : Maudet, N. et Chaib-draa, B. (2002). Commitment-based and dialogue-game based protocols – New trends in agent communication language. Knowledge Engineering Review, pages, 157–179.

[McBurney et Parson, 2002] : McBurney, P. et Parson, S. (2002). Games that agents play: A formal framework for dialogues between autonomous agents. Journal of Logic, Language and Information, pages, 315.334.

[Mintzberg, 1979]: Mintzberg. H. (1979). The Structuring of Organizations. Englewoods Cliffs, 1979.

[Pasquier, 2005]: Pasquier. P. (Août 2005). Aspects cognitifs des dialogues entre agents artificiels l'approche par la cohérence cognitive , faculté des sciences et de génie université laval québec, pages,103-106.

[Pasquier et Chaib-draa, 2002]: Pasquier. P., et Chaib-draa. B. (2002). Engagements, intentions et jeux de dialogue Laboratoire DAMAS (Dialogue, Agent et Systèmes Multi-agentS) Département d'informatique et de génie logiciel, Université Laval Ste-Foy, PQ, Canada.

[Pasquier et Chaib-draa, 2005]: Pasquier. P., et Chaib-draa. B. (2005). Aspects cognitifs des dialogues entre agents artificiels, approche par la cohérence cognitive. Laboratoire DAMAS, Département d'informatique et de génie logiciel, Université Laval, Pavillon Pouliot, Ste-Foy, PQ, G1K 7P4, Canada.

[Pegard, 1988]: Pegard. C. (1988). Coordination de robots mobiles Autonomes, application aux chantiers automatisés. Thèse PhD , Université de Picardie.

[Pollack, 1990]: Pollack, M. E. (1990). Plans as complex mental attitudes, pages 78.104. The MIT Press: Cambridge, MA, USA.

[Sadek, Bretier et Panaget, 1997]: Sadek, D., Bretier, P., et Panaget, F. (1997). Natural dialogue meets rational agency. Dans Proceedings of the Fifteenth International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI-97), Yokohama, Japan.

[Searle, 1969]: Searle, J. R. (1969). Speech Acts: An Essay in the Philosophy of Language. Cambridge University Press.

[Shoham, 1993]: Shoham. Y. (1969). Agent-Oriented programming. Artificial Intelligence , pages. 51-92.

[Singh, 2000]: Singh, M. P. (2000). A social semantics for agent communication languages.

[Stéphane Perret, 1997]: Stéphane Perret. (1997). Agents mobiles pour l'accès nomade à l'information répartie dans les réseaux de grande envergure, thèse doctoral, Université Joseph Fourier - Grenoble I.

[Vanderveken, 1999]: Vanderveken, D. (1999). Analyse et simulation de conversations : de la théorie des actes de langage aux systèmes multi-agents, pages 61.100. Paris, France.

[Vernadat, Azéma, 1992]: Vernadat. F. et Azéma. P. (Décembre 1992). Prototypage de systèmes d'agents communicants. Dans les Journée Systèmes Multi-Agents PRC-GDR Intelligence Artificielle, Nancy.

[Walton et Krabbe, 1995]: Walton, D. N. et Krabbe, E. (1995). Commitment in Dialogue. Suny Press.

[Wooldridge and Jennings, 2000]: Wooldridge M. et Jennings N. R. (2000), «Agent-Oriented Software Engineering» in Handbook of Technology.