



*Vers un modèle de négociation réaliste dans les
systèmes multi-agents*

THESE
En vue de l'obtention du Doctorat
En Informatique de Gestion

Présentée et soutenue publiquement par:
M. KLABI Hichem

Le 25 Août 2012

Membres du Jury:

- | | | |
|--------------------------|--|---------------------|
| ◆ M. Abdelwahed TRABELSI | :Professeur à l'Université de Tunis | :Président |
| ◆ M. Khaled MELLOULI | :Professeur à l'Université de Carthage | :Directeur de thèse |
| ◆ M. Sehl MELLOULI | :Professeur à l'Université Laval | :Directeur de thèse |
| ◆ Mlle. Nahla BEN AMOR | :M.de conf à l'Université de Tunis | :Rapporteur |
| ◆ M. Talel LADHARI | :M.de conf à l'Université de Tunis | :Rapporteur |

Dédicaces

*A mon père, pour toutes ses années de sacrifices
A ma mère, pour son amour sans bornes et son
affection si touchante*

*A ma ravissante femme Sana, pour son amour,
sa grande patience et son soutien.*

*Aux petits Midou, Toutou et Mimou pour leurs
regards et leurs sourires si innocents*

*A Sihem, Sonia et Sondes, pour leurs sourires si
charmants.*

A Fethi et Mehdi, pour leur soutien et conseils

*A tous les membres de ma belle famille : ta
Nazihia, Sabrine et Dhia pour leurs aides et pour
m'avoir fourni un bon environnement de travail.*

*A tous amis, pour leurs aides aux moments les
plus difficiles.*

*A toute ma famille et tous mes amis, je vous
aime.*

***Je vous adresse mes sentiments et mes considérations les plus sincères
Je vous aime***

Remerciements

J'adresse mes vifs remerciements à Professeur Khaled MELLOULI, mon premier directeur de recherche, pour m'avoir conseillé, encouragé et soutenu tout au long de la thèse avec patience et disponibilité et pour la confiance qu'il m'a accordée. Je le remercie également de m'avoir donné l'opportunité d'être membre du laboratoire de recherche « LARODEC » et d'assister à plusieurs congrès internationaux et d'exercer une activité de recherche au Canada.

Je tiens à exprimer mes remerciements les plus sincères à Professeur Sehl MELLOULI, mon deuxième directeur de recherche, pour m'avoir accueilli dans son laboratoire de recherche CIRRELT « Interuniversity Research Centre on Enterprise Networks, Logistics and Transportation » à l'université Laval au Canada et pour ses conseils judicieux et la qualité de son encadrement qu'il m'a fait bénéficier tout au long de la thèse.

Je souhaite remercier vivement Fethi KLABI, Maître-assistant à l'Institut Supérieur des Etudes Appliquées en Humanités de Mahdia pour ses précieuses aides qui ont permis d'améliorer la qualité de ce rapport.

Mes remerciements adressés pour tous les membres du jury pour l'honneur qu'ils m'ont fait en acceptant de juger ce travail.

Enfin, je tiens à remercier individuellement tous les membres des deux laboratoires LARODEC et CIRRELT et tous les étudiants qui y ont séjourné pour leur sympathie et leur accueil.

Table des matières

Introduction Générale	1
1. Problématique, objectifs et intérêt de la recherche.....	2
2. L'organisation de la thèse	3
Chapitre 1 : Un modèle de négociation réaliste basé sur les systèmes multi-agents	5
Section I : Introduction à l'activité de négociation	5
1. Les composants d'une négociation	5
2. Le protocole de négociation	6
3. Le processus de négociation.....	7
4. Les types de négociation	8
5. Les formes de négociation.....	9
5.1. Les enchères	10
5.2. Les négociations « A Prendre ou à laisser ».....	11
5.3. La négociation à base d'argumentation.....	12
6. Les approches de négociation	12
Section II : un modèle réaliste de négociation de base.....	14
1. Revue de la littérature	15
2. Les dimensions reliées à l'environnement externe.....	17
3. L'état mental du négociateur.....	17
4. Les dimensions comportementales.....	19
5. Les relations de base entre les dimensions du modèle de négociation.....	21
5.1. Les relations des dimensions de l'environnement avec l'état mental et les dimensions comportementales	22
5.2. Les relations entre les dimensions de l'état mental.....	23
5.3. Les relations entre les dimensions de l'état mental et les dimensions comportementales.....	23
5.4. Les relations entre les dimensions comportementales	24
6. Positionnement avec le modèle théorique [LWN08]	25
7. Contribution et Discussion	29
Chapitre 2 : Le degré de Confiance	32
1. Les entités et les paramètres de confiance	33
1.1. Les entités de confiance	34
1.2. Les paramètres de confiance	35
2. Positionnement par rapport à la littérature	37
2.1. La Théorie des jeux	37

2.2. Les Réseaux Bayesiens	39
2.3. Les Systèmes d'inférences	40
2.4. Les ensembles flous	41
2.5. La Théorie des graphes.....	42
3. Le Modèle de Confiance proposé.....	44
3.1. Les paramètres de confiance	46
3.2. La Confiance Directe.....	50
3.3. La Confiance Indirecte	54
Chapitre 3 : Tests et Résultats	57
1. Le contexte d'étude : Transport	57
2. Le Problème de Détermination du Vainqueur (PDV).....	58
2.1. La résolution classique du problème	59
2.2. La résolution basée sur le modèle Rekik et Mellouli [RM12]	60
2.3. La résolution basée sur le modèle de confiance proposé	61
3. Le paramétrage des PDVs	62
3.1. La sélection des variables pour la réputation directe	63
3.2. La sélection des variables pour la réputation indirecte	65
3.3. La sélection des variables pour la différence des croyances.....	65
3.4. La sélection des variables pour le calcul du prix de base d'une proposition et des coûts cachés fixes	66
4. Les résultats expérimentaux	68
4.1. Les valeurs générées.....	69
4.2. Les gains d'économie.....	74
4. Discussion	77
Chapitre 4 : Vers un modèle réaliste de négociation.....	79
1. Les dimensions reliées à l'environnement externe.....	80
1.1. L'environnement	80
1.2. La communication.....	82
1.3. La perception.....	84
1.4. Les données incertaines.....	84
2. Les dimensions reliées à l'état mental du négociateur.....	85
2.1. L'émotion	86
2.2. La croyance	87
2.3. L'apprentissage	88
2.4. Les règles éthiques	89
2.5. La base de connaissances	90
3. Les dimensions comportementales.....	91

3.1. La rationalité	91
3.2. Le comportement.....	92
3.3. La stratégie	94
3.4. La créativité.....	95
Conclusion Générale	98
1. Les principales contributions	98
2. Les limites et les voies futures de recherche	100

Table des figures

Figure I.1 : Le Protocole de négociation [Ver04]	7
Figure I.2 : Le Processus de négociation [Ker02].....	7
Figure I.3 : La négociation centralisée.....	8
Figure I.4 : Le processus de déroulement des enchères ascendantes [Ver04]	10
Figure I.5 : Le processus de déroulement des enchères descendantes [Ver04]	11
Figure I.6 : Le protocole Take it or Leave it.....	11
Figure I.7 : Les dimensions de négociation	21
Figure I.8 : Le modèle réaliste de négociation de base.....	25
Figure II.1 : Les entités de Confiance.....	45
Figure II.2 : la moyenne mobile exponentielle.....	48
Figure II.3 : la distribution bêta	51
Figure III.1 : Le coût de la non-confiance	73

Table des tableaux

Tableau I-1 : Les Correspondances avec le cadre théorique proposé dans [LWN08].....	28
Tableau I-2 : Le résultat de la revue de la littérature	30
Tableau II-1 : Le résultat de la revue de la littérature	43
Tableau III-1 : Le résumé des résultats expérimentaux des cinq scénarios	69
Tableau III-2 : Comparaison des Totaux des cinq scénarios	72
Tableau III-3 : Comparaison des scénarios avec le modèle de confiance proposé.....	74
Tableau III-4 : Minimum et Maximum d'économie du modèle de confiance	76
Tableau IV-1 : Le résultat de la revue de la littérature	79
Tableau IV-2 : Les techniques de l'environnement externe.....	85
Tableau IV-3 : Les techniques de l'état mental du négociateur	91
Tableau IV-4 : Les techniques des dimensions comportementales	96
Tableau IV-5 : Les techniques du modèle de négociation théorique.....	97

Introduction Générale

Les intérêts individuels dans tous les domaines de la vie sont généralement interdépendants et que chaque personne est, en permanence, en quête de la satisfaction de ses objectifs personnels [Ker02][FMDF08]. La diversité et la variété des objectifs qui en résultent génèrent des conflits dont la résolution passe nécessairement par la négociation. La négociation est un processus de « dialogue centré sur un problème à résoudre et visant un arrangement mutuellement acceptable » [Ver04][HLLL10]. Elle paraît ainsi de nature à élargir les champs de collaboration entre les acteurs et constitue par conséquent une action indispensable dans la résolution des conflits nonobstant leur nature [GML08].

La modélisation informatique des processus de négociation devient ainsi une nécessité en vue de consentir la réalisation des différents objectifs des parties négociatrices dans les meilleures conditions [LCN90][FSJ98][LWN08]. Dans la littérature, la modélisation informatique de la négociation est fortement liée aux systèmes multi-agents (SMA) [LJSL+03][LRP08][JD09][HLLL10]. La négociation dans un SMA est un processus par lequel deux ou plusieurs agents interagissent dans le but d'atteindre un arrangement mutuellement acceptable [Cra92][HVD98]. Plusieurs modèles de négociation basés sur les SMA ont été proposés dans la littérature tels que ceux décrits dans [RAU03][MXR06][VJW09]. Ces modèles sont proposés dans différents domaines tels que: la Chaîne logistique [FMDF08][JD09], l'e-Commerce [Col08], l'e-marché [SLGW02][LRP08], ou l'e-Business [RZNL+05][RCC09]. Ils adoptent des techniques différentes pour modéliser le processus de négociation telles que la théorie des jeux ([Rao87][MTG94][EAZ09]), les méthodes heuristiques ([TWKZ95][FSJ98] [BS01]), les ensembles flous ([LJSL+03][JD09] [EMS10]), les mécanismes d'apprentissage ([Mat01][Bur05][XW06]), ou l'émotion ([JVH06] [Van07]).

La négociation développée dans un SMA doit se conformer, tant au niveau processus que résultats d'une négociation réelle qui tient lieu entre deux humains. A cet égard, plusieurs travaux dans la littérature ont identifié des dimensions de négociation qui devraient être implantées dans un SMA afin de simuler les conditions réelles d'une négociation. Parmi ces dimensions nous mentionnons le comportement du négociateur ([HJ01][FMDF08]), l'émotion ([YYN01][Van07]) et la confiance ([JXZZ05][HD09][DSW11]). Chaque dimension a pour objectif de simuler une des caractéristiques du négociateur humain.

La modélisation d'une de ces dimensions nous permettrait de se rapprocher plus vers la simulation des conditions réelles d'un environnement de négociation. L'intégration de toutes ces dimensions ensemble dans un seul modèle de négociation permettrait d'avoir un modèle de négociation plus réaliste. A notre connaissance, aucun modèle de négociation proposé dans la littérature n'a pu intégrer toutes ces dimensions ; chaque modèle faisant référence à un sous-ensemble de ces dimensions. Par conséquent, l'efficacité des modèles de négociation proposés reste problématique puisque ces modèles ne reflètent pas toutes les conditions d'un environnement réel d'une négociation.

1. Problématique, objectifs et intérêt de la recherche

A la lumière de ce qui précède, la problématique posée dans le cadre de la présente thèse prend corps à travers la question centrale suivante :

Dans quelle mesure l'intégration des dimensions de négociation permettrait-elle de simuler les conditions réelles d'un environnement de négociation ?

Cette question centrale nous renvoie à deux questions sous-jacentes dont les réponses constituent les trois contributions de cette thèse :

Quelles sont les différentes dimensions de négociation à considérer minimalement pour la simulation d'une négociation réaliste ?

Notre première contribution consiste à proposer un modèle théorique de négociation (Chapitre I) composé de trois variables qui sont 1) l'environnement externe, 2) l'état mental, et 3) le comportement du négociateur. Ces trois variables renferment 14 dimensions de négociation : (1) l'environnement, la perception, la communication et les données incertaines (l'environnement), (2) l'émotion, la croyance, l'apprentissage, la confiance, la base de connaissances et les règles d'éthiques (l'état mental) et (3) le comportement, la stratégie, la rationalité et la créativité (le comportement du négociateur). Le modèle proposé montre une représentation des différentes relations qui peuvent avoir lieu entre les dimensions de négociation identifiées et l'impact que chaque dimension peut avoir sur l'autre tout au long du processus de négociation.

Est-ce que ces différentes dimensions peuvent être modélisées formellement ?

Deux étapes ont été nécessaires pour démontrer la faisabilité du modèle théorique de négociation. Dans la première étape (Chapitre II) qui constitue la deuxième contribution de cette thèse, nous avons choisi d'implanter la dimension de confiance qui est l'une des quatorze dimensions. Le développement de cette dimension permet d'améliorer la décision d'un agent

lors d'une négociation. Dans la deuxième étape, qui constitue la troisième contribution de la thèse, nous confirmons la faisabilité du modèle théorique général de négociation. Différentes techniques pour modéliser l'usage des treize autres dimensions seront exposées (Chapitre IV).

2. L'organisation de la thèse

L'organisation de la présente thèse suit une logique qui tend d'une présentation générale du concept de négociation selon ses différentes dimensions vers la définition d'un cadre théorique précis de la négociation réaliste.

Le premier chapitre intitulé « **Un modèle de négociation réaliste basé sur les systèmes multi-agents** » est structuré en deux sections. Dans la première section intitulée « *Introduction à l'activité de négociation* », nous entamons une lecture générale de l'activité de négociation en présentant tous les concepts liés à la négociation ainsi que ses types, ses formes, ainsi que les différentes approches adoptées pour l'implémentation d'un processus de négociation automatique basé sur les agents intelligents. Dans la deuxième section intitulée « *Un modèle réaliste de négociation de base* », nous identifions dans un premier temps, les dimensions de négociation nécessaires pour la modélisation du comportement réaliste du négociateur. Ces dimensions sont identifiées à partir d'une revue de littérature sur les modèles de négociation dans les systèmes multi-agents. Dans un deuxième temps, nous proposons un modèle théorique de négociation intégrant toutes les dimensions identifiées. Ce modèle est proposé après une étude faite sur vingt modèles de négociation de la littérature entre les années 2000 et 2010. L'objectif de cette étude est d'évaluer le degré avec lequel ces modèles prennent en considération les quatorze dimensions identifiées.

Le deuxième chapitre intitulé « **Le degré de Confiance** » est dédié à la présentation de la dimension de la confiance où nous montrons l'utilité et la valeur ajoutée de cette dimension dans le processus de négociation. Dans la première section du chapitre, nous identifions les trois entités de confiance qui doivent être considérées lors du calcul du degré de confiance entre deux agents négociateurs qui sont (1) la réputation directe de l'agent cible, (2) la réputation indirecte et (3) la différence de croyance entre les deux agents négociateurs. Nous identifions aussi les paramètres qui interviennent dans le calcul de certaines entités, afin de simuler les conditions réelles de négociation, à savoir le domaine de la négociation, le poids de l'arrangement, le temps de l'arrangement, le degré de fiabilité et le degré d'importance d'un agent négociateur vis-à-vis d'un autre. La deuxième section de ce chapitre est une revue de la littérature sur différents modèles de confiance dans un cadre de négociation unilatérale.

Ces modèles seront critiqués selon leurs degrés d'utilisation des entités et des paramètres de confiance identifiés. A la fin du chapitre, le modèle mathématique pour le calcul du degré de confiance des agents négociateurs sur la base des trois entités et des cinq paramètres de confiance identifiés est proposé.

Le troisième chapitre intitulé « **Tests et Résultats** » est consacré à montrer l'utilité de la prise en considération pratique de la dimension de confiance dans le processus décisionnel lors d'une négociation. Nous appliquons notre modèle de confiance pour gérer le processus de détermination des transporteurs vainqueurs dans une enchère combinatoire de transport établie entre un expéditeur et un ensemble de transporteurs concernant un ensemble de produits à livrer. L'objectif d'un expéditeur est de minimiser le coût total qu'il pourrait payer dans la pratique, si certains problèmes se produisent pendant les livraisons (Les problèmes de retard ou d'annulation des expéditions ou les problèmes liés aux dommages des produits à livrés). Les expéditeurs devraient alors anticiper et estimer les coûts et sélectionner les transporteurs en fonction de leurs degrés de confiance.

Les résultats expérimentaux déterminés dans ce troisième chapitre reflètent la résolution du problème de détermination du vainqueur de cette enchère selon cinq scénarios : 1) une enchère classique, 2) une enchère qui se base sur le modèle proposé par Rekik et Mellouli [RM12] pour le calcul de la réputation, 3) une enchère qui tient compte de la réputation directe (la première entité de confiance identifiée) dans son processus décisionnel, 4) une enchère qui tient compte de la réputation indirecte (la deuxième entité de confiance identifiée) et 5) une enchère qui tient compte de la dimension de confiance, avec ses trois entités identifiées (la réputation directe, la différence de croyances et la réputation indirecte). Le troisième chapitre sera achevé par une discussion concernant les résultats obtenus des cinq scénarios et par une exposition d'une série de recommandations utiles pour les expéditeurs lors de leur choix de la stratégie de détermination du transport vainqueur.

Nous présentons dans le quatrième et dernier chapitre intitulé « **Vers un modèle réaliste de négociation général** » une étude de faisabilité des treize dimensions de négociation identifiées restantes. Nous présentons pour chaque dimension les techniques informatiques possibles à adopter pour la modéliser d'une manière formelle. Cette étude a pour objectif de démontrer que le modèle théorique de négociation proposé dans le premier chapitre peut être réalisable formellement.

La conclusion générale de cette recherche reprend les aboutissements de la revue de la littérature ainsi que les résultats atteints, les commentaires qui en résultent et les perspectives de recherche à envisager.

Un modèle de négociation réaliste basé sur les systèmes multi-agents

La négociation nécessite l'intervention d'au moins deux parties [BLH00][Ker02]. Chaque partie tend à satisfaire ses propres besoins ainsi que ses propres objectifs, ce qui peut provoquer des conflits d'intérêts [FMDF08]. La négociation a pour rôle de résoudre ces conflits et d'aboutir à un compromis qui satisfait partiellement les objectifs des intervenants [GML08]. Le présent chapitre est composé de deux sections. Dans la première, nous présentons l'activité de négociation en général ainsi que ses composants, son processus, ses types et ses formes. Dans la deuxième section, nous proposons un modèle réaliste de négociation où nous intégrons un ensemble de dimensions de négociation identifiées à partir de la littérature. Le modèle de base proposé permet de présenter différentes relations d'interactions et d'influence qui existent entre ses dimensions.

Section I : Introduction à l'activité de négociation

La négociation, dans un système multi-agents, est un processus par lequel deux ou plusieurs agents interagissent dans le but d'atteindre un arrangement mutuellement acceptable [Cra92][HVD98]. Cette section présente les différents concepts liés à la négociation à savoir [LJSL+03][LRP08][JD09][HLLL10]: les parties négociatrices, l'arrangement, le protocole de négociation, et le processus de négociation. Elle introduit aussi les formes de négociation ainsi que les différentes approches adoptées pour l'implémentation d'un processus de négociation automatique basé sur les agents intelligents.

1. Les composants d'une négociation

La négociation est une solution pour surmonter *les conflits* entre des agents intervenants nommés *protagonistes* [LJSL+03]. C'est un processus qui permet de faire évoluer la satisfaction de chaque *protagoniste* lors de la discussion d'une proposition dans le but d'aboutir à un *arrangement mutuellement acceptable*. Tel que décrit dans [Ver04] et [Ran04],

l'arrangement mutuellement acceptable peut être conclu sur une répartition d'un ensemble de ressources financières ou matérielles dont disposent les protagonistes, appelées des *ressources multilatérales*. Les protagonistes peuvent être soit des partenaires, soit des adversaires [Gig02][FMDF08]. Cette différence de comportements présente un impact sur le déroulement et le résultat du processus de négociation [HJ01]. Lorsqu'ils se comportent comme des partenaires, ils coopèrent et collaborent ensemble pour aboutir rapidement à un arrangement acceptable [SW09].

Dans le cas d'adversité, les parties adoptent un comportement compétitif et agressif qui amène à la génération de conflits et même à un échec de la négociation [BMAR09]. La situation stratégique de chacun des protagonistes dans une négociation dépend : 1) du niveau de pouvoir qui représente la mesure des rapports de force [Gig02] et 2) du niveau de confiance qui est fonction de l'historique des relations et de l'état d'esprit de chaque négociateur [LLYY09]. Par conséquent, la qualité d'un éventuel arrangement dépend autant des relations de confiance que de pouvoir entre les protagonistes [NU10][CM10].

Un conflit se définit comme un désaccord entre au moins deux parties interdépendantes dont les intérêts paraissent incompatibles concernant la répartition d'un ensemble de ressources multilatérales nécessaires pour l'exécution d'un processus de gestion [LC04]. La négociation d'un conflit peut amener à des solutions mutuellement bénéfiques (arrangement) ou à des solutions négatives (échec de négociation) [Ver04]. Le conflit et le processus de négociation qui en suit devraient aboutir à un arrangement. Cet arrangement se construit par des concessions mutuelles entre des protagonistes sur une répartition de ressources multilatérale qui sont objets de la négociation [FMDF08]. Un arrangement comporte trois étapes à savoir [LC04] : 1) la formulation de l'arrangement qui permet de vérifier et de confirmer ses termes et ses objectifs, 2) la mise en œuvre qui représente le suivi pratique de l'arrangement confirmé en tenant compte de toutes les ressources possibles et 3) la clôture de la négociation par un constat qui valide les résultats obtenus et tire les enseignements en vue d'améliorer les prochaines négociations.

2. Le protocole de négociation

Le protocole de négociation définit les règles de communication que les agents négociateurs doivent adopter et respecter dans leurs échanges d'informations [SB98][WF07] [LWN08][JD09]. Il est appliqué à chaque étape du processus de négociation. Un protocole de

négociation est constitué généralement de trois étapes qui sont la proposition, la conversation et la décision [BS01][LRP08]. Dans une négociation « plusieurs à plusieurs » (Figure I.1), chaque initiateur envoie une première *proposition* pour les participants au niveau de la première étape de proposition et reçoit ensuite leurs réponses. À son tour, chaque participant peut soit accepter soit refuser la proposition envoyée par l'un des initiateurs. Les protagonistes (les initiateurs et les participants) commencent une série d'échanges de messages pendant l'étape de *conversation* afin de parvenir à un arrangement mutuellement acceptable. L'étape de *décision* est l'étape finale dans laquelle soit un arrangement est conclu, soit une nouvelle proposition est envoyée pour relancer la négociation [WPHG99][LY09].

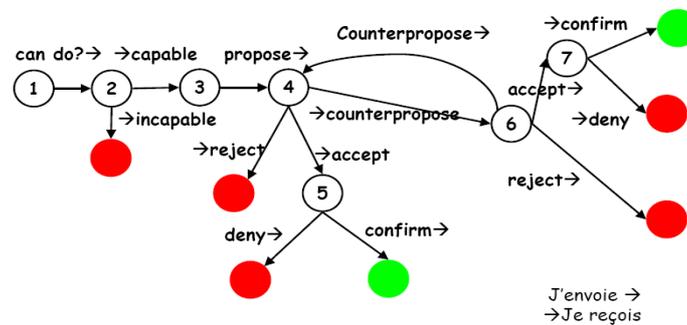


Figure I.1 : Le Protocole de négociation [Ver04]

3. Le processus de négociation

Le processus de négociation permet de trouver un arrangement et un profit mutuel pour tous les agents négociateurs [SB98][WF07]. La Figure I.2 décrit le processus de négociation [Ker02].

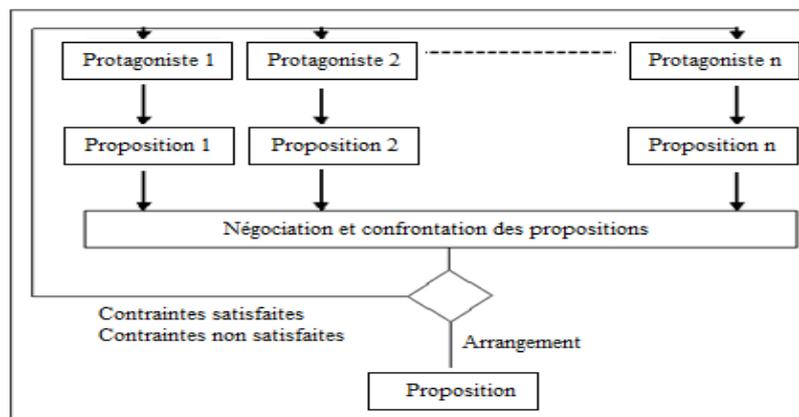


Figure I.2 : Le Processus de négociation [Ker02]

Dans la Figure I.2, chaque protagoniste envoie sa proposition à l'initiateur concernant l'exécution d'une même tâche donnée. Le processus de négociation commence dès la réception de toutes les propositions. Si l'une de ces propositions répond aux objectifs de toutes les parties négociatrices, il y aura un arrangement et la négociation sera terminée. Dans le cas contraire, les contraintes satisfaites et non satisfaites seront envoyées aux négociateurs afin de reformuler de nouvelles propositions. Le processus de négociation se répète jusqu'à ce qu'un arrangement mutuel acceptable soit atteint. En absence d'un arrangement, l'initiateur arrête la négociation par un échec [LY09][MXR06].

4. Les types de négociation

Il existe trois types de négociation : la négociation centralisée, la négociation distribuée et la négociation intégrative [HLLL10]. La négociation centralisée (Figure I.3) est un processus itératif dans lequel une troisième partie négociatrice (Arbitre), qu'on appelle « neutre » [LC04], supervise et détecte les conflits entre les autres parties négociatrices (Agents en conflits). La résolution du problème est ainsi interactive puisqu'il s'agit d'un dialogue mutuel entre les trois parties. S'appuyant sur les propositions élaborées par l'Arbitre, le dialogue permet de surmonter le conflit entre les agents en négociation. Il leur donne l'occasion d'analyser et d'imaginer des solutions possibles en vue d'un arrangement définitif [LC04]. L'objectif de la négociation centralisée n'est pas de parvenir tout de suite à un arrangement, mais de favoriser le dialogue entre les parties adverses pour analyser le problème et les facteurs qui alimentent le conflit [LC04][LY09]. En explorant les motivations, les besoins et les valeurs liées à l'intégrité et la reconnaissance de leur identité, les parties négociatrices sont amenées à transformer progressivement non seulement la nature du conflit mais également leur relation conflictuelle [HLLL10].

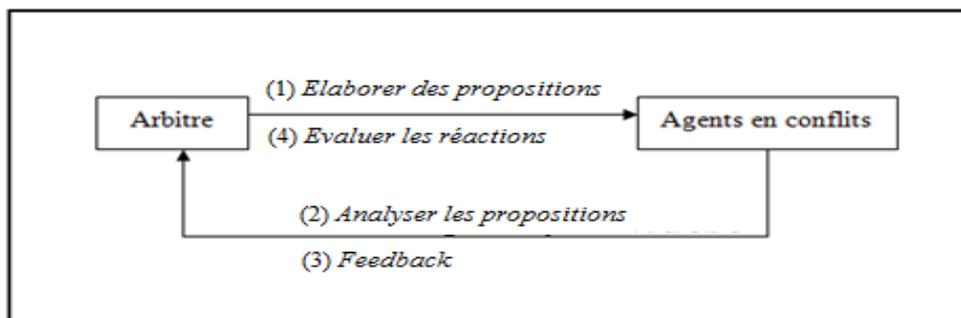


Figure I.3 : La négociation centralisée [LC04]

Ce type de négociation centralisé est observé, par exemple, au niveau des négociations salariales entre le directeur d'une entreprise (Première partie négociatrice) et l'ensemble des employeurs (Deuxième partie négociatrice) [Cal93]. Dans cet exemple, le syndicat joue le rôle de l'arbitre où son objectif consiste à atteindre un arrangement mutuellement acceptable entre ces deux parties négociatrice [Cal93].

Dans la négociation distribuée, les agents négociateurs sont dans une logique de somme à zéro, c'est-à-dire une logique de « gagnant-perdant » [Col08]. Tout ce que l'un gagne l'autre le perd. Dans cette situation, l'objectif de chacun des agents est de maximiser ses propres gains et la négociation devient ainsi une compétition où le plus fort l'emporte sur le plus faible [LY09]. Ce type de négociation est appliqué dans plusieurs domaines de gestion à savoir : e-Commerce [Col08], e-marché [LRP08], ou e-Business [RZNL+05]. Par exemple, prenons une négociation établie entre deux entreprises qui souhaitent travailler ensemble. L'une fournissant des biens (ou des services) à l'autre, moyennant un prix et des conditions générales telles que les délais de paiement, la durée de l'accord, l'engagement sur les quantités achetées. Dans cette négociation, les deux entreprises font preuve d'une coopération faible (voire inexistante) où elles sont animées par un désir de gain propre (la maximisation des gains de court terme), réalisé au détriment des objectifs adverses.

La logique d'une négociation intégrative, est celle du « gagnant-gagnant » [MXR06]. Tout gain pour l'un sera aussi un gain pour l'autre. Le contexte créé par cette relation de partenariat consiste à définir clairement le problème pour partager toutes les informations disponibles et explorer toutes les solutions possibles pour s'engager par rapport à une solution équitable et durable du problème [WPHG99][MXR06]. Ce type de négociation est appliqué dans les chaînes logistiques où l'objectif principal à atteindre représente l'objectif global de la chaîne logistique [FMDF08][JD09].

5. Les formes de négociation

Plusieurs formes de négociation ont été proposées dans la littérature à savoir [Cra92] [HVD98][Ver04][JVH06][EAZ09] : les enchères, les négociations « à prendre ou à laisser » et les négociations à base d'argumentation.

5.1. Les enchères

Une enchère permet à des personnes ou à des entreprises de vendre leurs biens ou à solliciter des services au meilleur prix possible. Elle implique une assemblée d'acheteurs et d'offreurs de services qui négocient le prix d'un article proposé ou à offrir par l'instigateur de l'enchère [EAZ09]. Il existe plusieurs types d'enchères tels que les enchères ascendantes et les enchères descendantes [Ver04][JVH06]. Les enchères sont dites ascendantes lorsque le prix proposé pour le bien ou le service mis en vente augmente avec le temps. Elles sont aussi appelées enchères ouvertes, orales ou anglaises (*Figure I.4*).

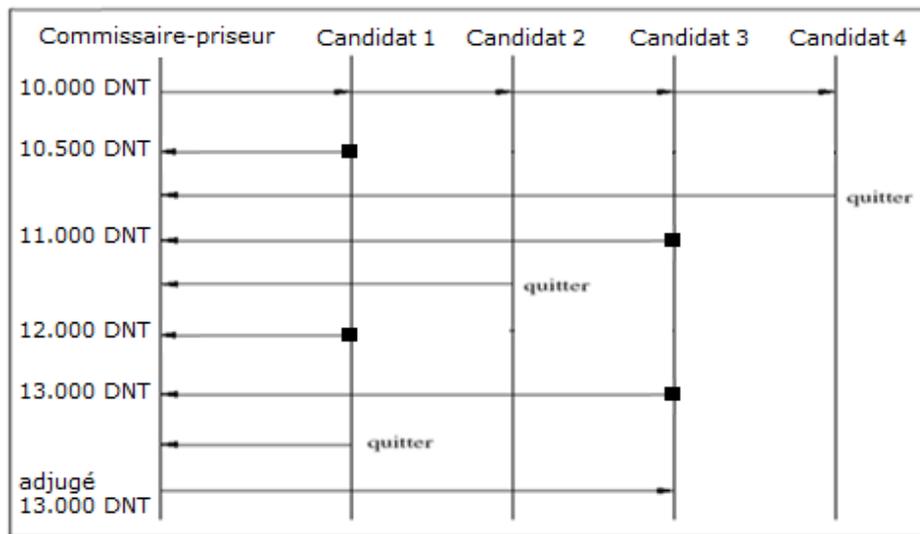


Figure I.4 : Le processus de déroulement des enchères ascendantes [Ver04]

La Figure I.4 présente un exemple d'une enchère ascendante dans une salle de ventes dans laquelle quatre candidats sont en compétition pour l'achat d'une peinture. Le commissaire-priseur commence avec un prix de départ (10.000 DNT), chaque intéressé offre dès lors successivement un prix plus élevé tout en respectant une surenchère minimum (aussi appelé incrément minimal). Le processus d'élimination s'arrête lorsqu'il ne reste plus en lice qu'un candidat. La peinture est attribuée au candidat 3 « le plus offrant » avec un prix égal à 13.000 DNT.

Les enchères sont dites descendantes lorsque le prix proposé pour le bien mis en vente diminue avec le temps (*Figure I.5*). Ce type d'enchères est observé dans le marché aux poissons de Tsukiji (Tokyo – Japon) pour la vente de thons [Dun10]. Dans l'enchère descendante, le surplus du vainqueur dépend de l'offre qu'il a faite. Il a ainsi à offrir moins que son évaluation afin de réaliser un surplus. Cela signifie que dans l'enchère descendante, chaque candidat doit laisser passer son évaluation et laisser le prix descendre encore un peu

avant d'appuyer sur le bouton d'acceptation; mais en faisant cela il risque, même si son évaluation est la plus forte, de perdre l'enchère car quelqu'un d'autre peut appuyer. Il y a donc ces deux éléments contradictoires : 1) le surplus et 2) le risque de perdre l'enchère. En laissant baisser le prix, on augmente l'un mais aussi l'autre [JVH06][EAZ09]. Dans l'exemple de la figure I.5, le commissaire-priseur commence l'enchère par un prix de 3.000 DNT. Aucun candidat n'accepte ce prix proposé. Dans ce cas, le commissaire commence une série de diminution de prix jusqu'à l'un des candidats accepte (Candidat 2).

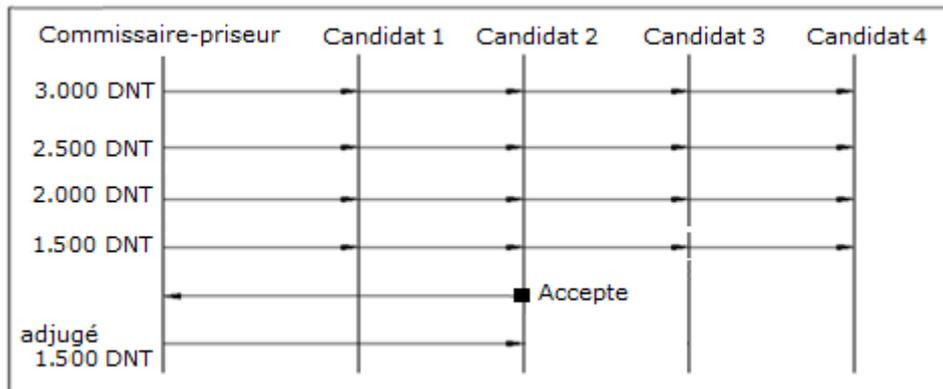


Figure I.5 : Le processus de déroulement des enchères descendantes [Ver04]

5.2. Les négociations « A Prendre ou à laisser »

Cette forme de négociation (Figure I.6) est connue sous le nom anglais de « Take it or Leave it » [JVH06]. Elle consiste à formuler une proposition qui est à prendre ou à laisser par le ou les participants dans un seul tour et sans aucune possibilité de contre-proposition ou de renégociation [Ver04][JVH06].

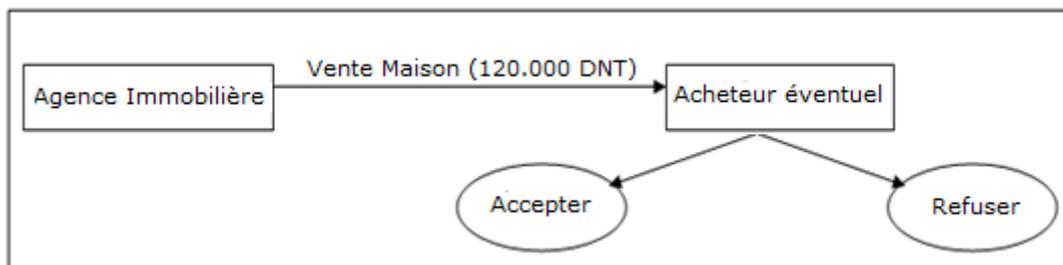


Figure I.6 : Le protocole Take it or Leave it

Dans l'exemple schématisé dans la figure I.6, le protocole de négociation est simple dans son fonctionnement. L'agence immobilière propose de vendre une maison avec un prix ferme égal à 120.000 DNT que l'acheteur éventuel accepte ou refuse.

5.3. La négociation à base d'argumentation

La négociation à base d'argumentation est utilisée par des agents qui possèdent une base de connaissances avec des prédicats et des règles d'inférence. L'argumentation d'un agent (vendeur) a pour objectif de modifier et influencer les croyances des autres agents (acheteurs) afin qu'ils adoptent le même point de vue et les mêmes croyances [Cra92][HVD98][Ver04]. Le philosophe Michael Gilbert [Gil94] suggère que si nous considérons l'argumentation comme elle se passe entre humains, nous pouvons identifier au moins quatre types différents d'arguments à savoir : 1) le mode logique, 2) le mode émotif, 3) le mode viscéral et 4) le mode kisceral [LCN90][Por98]. Le mode logique d'argumentation ressemble à la preuve mathématique. Il a tendance à être de nature déductive. Par exemple, si vous acceptez que A soit vrai et que A implique B alors vous devez forcément accepter que B soit vrai aussi.

Le mode émotif d'argumentation est celui dans lequel l'agent se base sur l'état émotif de l'adversaire dans son élaboration de son argument [Van07]. Par exemple, un argument de type: « *Comment vous sentiriez-vous si cela vous arrivait ?* ». Le troisième mode viscéral d'argumentation couvre les aspects physiques et sociaux de l'argument humain. Il est utilisé, par exemple, quand un participant menace l'autre. Le dernier mode d'argumentation est celui du mode kisceral qui fait appel à l'intuition et à la religion dans l'élaboration des arguments [Ver04].

6. Les approches de négociation

Chaque mécanisme décisionnel de négociation automatisée peut adopter une approche parmi les trois suivantes [LCN90][BS01][EAO9]: la négociation basée sur la théorie des jeux [Rao87][MTG94][EAO9], la négociation basée sur les heuristiques [TWKZ95][FSJ98][BS01] et la négociation basée sur l'argumentation [LCN90][Cra92][HVD98][Por98].

La théorie des jeux représente un outil pour l'étude des stratégies d'interaction entre des agents autonomes dans une négociation automatisée [MTG94][WS97]. Plusieurs travaux ont utilisé la théorie des jeux pour la conception des processus de négociations automatisés dans différents domaines tels la formation de la chaîne logistique ([WS97][EAO9]) et le commerce agricole ([MTG94]). Ces travaux tendent à déterminer la stratégie optimale à utiliser pour l'atteinte d'un équilibre d'une simulation d'un jeu entre des agents négociateurs identiques [Rao87][WP89][WS97]. Cette approche permet aux agents d'adopter un

comportement rationnel lorsqu'ils prennent leurs décisions et leurs choix de stratégies [EAZ09].

Les agents adoptent toujours dans la théorie des jeux un comportement rationnel. Ce type de comportement peut parfois les amener à des solutions non satisfaisantes [BR04][EAZ09]. Par conséquent, ces agents optent pour des stratégies approximatives et heuristiques [UJM97][BS01]. Les heuristiques sont des règles qui ne fournissent pas nécessairement la solution optimale, mais elles permettent de fournir une solution plus proche de l'optimal [Gut07]. L'approche heuristique est basée sur le test et l'évaluation des différents résultats [Gut07][HVD98]. Elle est appliquée dans plusieurs domaines de négociation à savoir les applications multimédia ([HVD98]), l'e-market ([BS01]), etc. Néanmoins, l'approche basée sur les heuristiques présente un certain nombre de limites. En effet, elle ne conduit pas nécessairement à une solution optimale, car elle utilise des stratégies approximatives et elle n'examine pas tout l'espace possible des résultats. Cette approche ne peut pas prévoir le comportement exact du système et ceux de ses agents et elle suppose que l'agent possède une connaissance complète de ses désirs et de ses préférences [Gut07][UJM97].

Dans un contexte de la négociation basée sur l'argumentation, l'argument est définie comme l'information qui permet à l'agent: (1) de justifier sa position dans la négociation et (2) d'influencer les positions des autres agents [Cra92][HL10]. La justification permet aux agents de donner des informations supplémentaires dans leurs propositions. Ils peuvent expliquer les raisons du rejet ou de l'acceptation d'une proposition donnée [CA07][HL10]. Plusieurs modèles basés sur l'argumentation ont été proposés dans différents domaines tels que l'*e-marketplace* ([HL10]) et la négociation de travail ([Syc90]). Ces modèles nécessitent un accès à l'information requise au cours du processus de négociation [CA07]. Cependant, l'agent négociateur à travers cette approche ne peut pas intercepter et identifier toutes les différentes sortes de conflits existants dans les arguments [HVD98] [RRJMP+04].

Section II : un modèle réaliste de négociation de base

Une négociation basée sur les systèmes multi-agents (SMA) est un processus qui prend place entre différents agents qui sont en conflit et qui ont pour finalité de satisfaire leurs propres objectifs. L'objectif global de la négociation est de parvenir à un arrangement sur une répartition acceptable des ressources multilatérales [LCN90][FSJ98][BS01][LWN08]. Plusieurs modèles de négociation basés sur les agents intelligents ont été proposés dans la littérature [AU03][MXR06][VJW09] et appliqués dans différents domaines à savoir: la chaîne logistique [FMDF08][JD09], l'e-Commerce [Col08], l'e-marché [LRP08], ou l'e-Business [RZNL+05]. Ils utilisent comme techniques les systèmes BDI « Belief-Desire-Intention », les méthodes heuristiques, les ensembles flous, les mécanismes d'apprentissage, ou l'émotion pour modéliser le comportement d'un négociateur [AC07][Col08].

Le processus de négociation basé sur les SMA doit simuler les conditions réelles d'un environnement de négociation. En effet, plusieurs de ces travaux ont identifié les dimensions qui devraient être prise en considération dans un SMA afin de refléter le processus de négociation réel. Chaque dimension permet de simuler une des caractéristiques du négociateur humain. La modélisation de l'une de ces dimensions permettrait de se rapprocher plus vers la simulation des conditions réelles d'un environnement de négociation. Le regroupement de toutes les dimensions de négociation dans un seul modèle permettrait de tendre vers un modèle de négociation plus réaliste. **Nous proposons un modèle théorique de négociation regroupant toutes ces dimensions de négociation chose inédite en littérature à notre connaissance.**

Notre modèle théorique proposé regroupe trois grandes composantes qui sont l'environnement externe, l'état mental et le comportement du négociateur. Ces trois composantes renferment 14 dimensions de négociation : (1) l'environnement externe englobe l'environnement, la perception, la communication et les données incertaines, (2) l'état mental renferme l'émotion, la croyance, l'apprentissage, la confiance, la base de connaissances et les règles d'éthiques et (3) le comportement du négociateur qui composé du comportement, de la stratégie, de la rationalité et de la créativité. Nous incluons dans le modèle théorique proposé les différentes relations qui peuvent avoir lieu entre les différentes dimensions et l'impact qu'une dimension peut avoir sur une autre.

Afin d'explicitier le modèle proposé, nous proposons l'exemple d'un processus de négociation dans le cas d'enchères combinatoires de transport entre un expéditeur et un ensemble de transporteurs. L'objectif de l'expéditeur est de trouver une bonne combinaison de transporteurs pour la livraison de ses produits alors que l'objectif des transporteurs est de gagner la proposition tout en maximisant leurs profits. L'expéditeur envoie un appel d'offre aux différents transporteurs et attend les réponses de ceux qui en sont intéressés. Lorsque l'expéditeur reçoit les réponses, un processus de négociation est lancé avec les transporteurs de telle sorte que chaque participant essaie d'optimiser ses objectifs.

1. Revue de la littérature

Les modèles de négociation étudiés sont dans différents domaines d'application : trois modèles sont dans la gestion de la chaîne d'approvisionnement (Supply Chain Management), quatre modèles sont dans les marchés électroniques (e-Marketplace), trois modèles sont dans l'e-commerce et l'e-Business, deux modèles sont en négociation politique et enfin les huit autres modèles ne sont pas liés à un domaine d'application particulier.

Les trois modèles liées à la gestion de la chaîne d'approvisionnement sont présentés dans [F MDF08][JD09][XSLO+09]. Le premier modèle développe une négociation collaborative basée sur les systèmes multi-agents pour la gestion de la planification de la chaîne à l'aide d'agents multi-comportements. Le deuxième modèle propose une modélisation d'une chaîne d'approvisionnement dynamique en utilisant un nouveau mécanisme de négociation hybride et floue. Le troisième modèle présente une méthode de l'entropie relative pour améliorer l'efficacité de la négociation basée sur les agents intelligents dans le cas de la construction d'une chaîne d'approvisionnement.

Les modèles reliés au marché électronique sont décrits dans [SLGW02][LJSL+03][LW07][LRP08]. Shen et *al.* dans [SLGW02] ont proposé des stratégies de négociation adaptatives basées sur les systèmes multi-agents pour l'équilibrage de charge et le Grid computing. L'approche proposée permet de mettre en œuvre de multiples modèles-protocoles-stratégies de négociation pouvant être sélectionnés automatiquement par le système afin de s'adapter aux besoins de calcul ainsi qu'aux changements de l'environnement des ressources informatiques. Luo et *al.* dans [LJSL+03] ont élaboré un modèle basé sur les contraintes floues pour des négociations bilatérales dans des environnements semi-compétitifs. Lau et Wong dans [LW07] ont mis en place des agents adaptatifs de négociation pour les places de

marché électronique. Louta et *al.* dans [LRP08] ont proposé un modèle dynamique de négociation multilatérale et ont construit une stratégie de négociation fondée sur un mécanisme de classement dans les marchés électroniques.

Les modèles de négociation ont été également utilisés dans l'e-commerce et l'e-Business [RZNL+05][Col08][RCC09]. Ryutov et *al.* Dans [RZNL+05] ont proposé une négociation basée sur la confiance adaptative et sur le contrôle d'accès. Coleman dans [Col08] a élaboré des stratégies de pensée créative pour des solutions de gestion. Rau et *al.* dans [RCC09] ont mis en place un cadre de négociation pour l'automatisation des processus B2B dans l'environnement RosettaNet [Ros10] par la technologie floue.

Les modèles de négociation ne sont pas seulement implémentés pour simuler les cas de gestion. Ils peuvent également être utilisés pour simuler des négociations politiques ou judiciaires [GML08][VJW09]. Golden et *al.* dans [GML08] ont proposé un modèle « d'avocat de négociation » pour favoriser les transactions rapides dans des cas de préjudices corporels grâce à une empathie. Van Santen et *al.* dans [VJW09] ont présenté un modèle mental de négociation intégrative partagée pour la prise de décision en cas de crise.

Huit modèles de négociation ne sont pas liés à un domaine d'application spécifique [BLH00][HJ01][YYN01][RAU03][LC04][JVH06][Van07][KT09]. Bolagh et *al.* [BLH00] ont proposé un modèle multi-agents de négociation et de prise de décision pour les systèmes de support centralisés. Hadj Kacem et Jmaiel [HJ01] ont proposé un modèle formel de négociation pour les agents coopératifs. Yuasa et *al.* dans [YYN01] ont présenté un outil de support pour les participants d'une négociation à travers un réseau informatique utilisant des facteurs émotionnels. Ren et *al.* dans [RAU03] ont développé un système multi-agents pour la modélisation d'une négociation de revendications et la résolution d'un problème d'inefficacité.

Lin et Chou dans [LC04] ont proposé un protocole de médiation basé sur « *Single Negotiation Text* ». Le modèle proposé fournit un jeu de construction d'arrangements pour les deux parties négociatrices. Jiang et *al.* dans [JVH06] ont montré dans leur modèle la manière avec laquelle les émotions affectent la stratégie de négociation d'un agent. Van Kleef dans [Van07] a proposé « *Emotions as Social Information* », un modèle pour le traitement des effets interpersonnels des émotions au niveau des conflits et de la négociation. Koumoutso et Thramboulidis dans [KT09] ont mis en place un cadre théorique basé sur les connaissances pour les systèmes complexes, proactifs et orientés service au niveau de la négociation.

2. Les dimensions reliées à l'environnement externe

L'environnement externe du négociateur constitue l'ensemble des dimensions nécessaires pour qu'un agent soit capable d'interagir et communiquer avec le monde extérieur (les agents négociateurs) [Car99][LRP08][RCC09]. Les négociateurs doivent communiquer afin d'échanger des informations et établir leurs propositions et arguments [Car99]. Durant cette *communication*, ils interagissent les uns avec les autres. Dans l'interaction générée par la négociation, les agents sont prêts à être coopératifs en vue de parvenir à un arrangement mutuel [SB98][HLLL10][HL10]. L'interaction commence avec la proposition envoyée par l'initiateur du processus de négociation. Ensuite, les différents participants envoient leurs réponses afin que le processus de négociation puisse commencer. La négociation prend fin lorsqu'un arrangement est atteint ou non.

Pendant la négociation, chaque agent est dans l'impératif de prendre des décisions basées sur des informations en sa possession. Ces informations proviennent des autres agents négociateurs à travers la *communication* et de *l'environnement* dans lequel la négociation est en cours [FMDF08][RCC09]. Ces informations peuvent être incomplètes, *incertaines* ou incorrectes (le prix que les transporteurs peuvent offrir ou le volume nécessaire que les camions peuvent contenir) [LRP08][JD09] et différemment interprétées par les agents selon leur *perception* de leur environnement (les interprétations du prix de pétrole par les agents) [KT09].

Ainsi, les dimensions liées à l'environnement externe dans une négociation sont au minimum: *l'environnement*, la *communication*, la *perception* et les *données incertaines*.

3. L'état mental du négociateur

L'état mental du négociateur renferme toutes les dimensions à partir desquelles l'agent négociateur régisse et contrôle son processus de prise de décisions [Van07][VJW09]. Dans la conduite de son processus décisionnel, chaque agent se base sur ses propres *connaissances* [LC04][KT09]. Cette *base des connaissances* peut être l'aboutissement de ses échanges avec l'environnement externe ou la résultante de ses propres *croyances*. Ces *croyances* représentent la conviction de l'esprit et, résultent de témoignages reçus à partir des renseignements collectés sans *connaissance* personnelle immédiate [Fau99][RZNL+05] [Van07]. Elles influencent le processus de négociation de l'expéditeur et par conséquent sa décision finale. Par exemple, un expéditeur peut croire que le volume du camion du

transporteur sera un facteur de succès de ses livraisons, comme il peut croire aussi que les prix des petits transporteurs sont inférieurs à ceux proposés par de grandes entreprises de livraison.

La décision finale peut être influencée aussi par *le degré de confiance* entre les négociateurs et aboutir à des décisions irrationnelles [VJW09]. Considérons deux propositions A et B proposées respectivement par deux transporteurs T1 et T2. La proposition A est mauvaise par rapport à B. Néanmoins, l'expéditeur peut accepter la proposition A et rejeter B pour la seule raison qu'il fait plus *confiance* aux services offerts par le transporteur T1 par rapport à T2. Cette *confiance* est définie comme le résultat des observations menant à la *croissance, sans garantie explicite*, de la véracité des actions de l'adversaire [WP89][VJW09].

Pendant le processus de prise de décision, l'agent négociateur doit être contrôlé par ses principes *éthiques* afin d'aboutir à un arrangement honnête [GML08]. *L'éthique* représente les règles et les normes standards qui contrôlent la conduite des individus ou des membres [SB98]. Il existe deux formes *d'éthique* : *explicites* et *implicites* [LCN90][Van07][WF07]. Les règles *éthiques explicites* sont formellement exprimées sans ambiguïté alors que les règles *éthiques implicites* ne sont pas directement exprimées [WF07]. Dans le processus de négociation, il est nécessaire de fixer des *règles éthiques* entre les négociateurs [Bow04] [GML08]. En cas d'absence de ces règles, un groupe de transporteurs pourra, par exemple, se mettre en accord et enverra dans l'ensemble de leurs propositions un prix trop élevé. L'expéditeur n'acceptera pas les prix proposés au début mais pressé par les dates de livraison, il sera obligé in fine d'accepter. A cet égard, le résultat d'une négociation est influencé par le respect ou le non respect des différentes règles éthiques [Bow04]. L'issue d'une négociation peut dépendre aussi de l'état *d'émotion* ou de *quiétude* des négociateurs [YYN01][Van07] [LWN08]. Un expéditeur, qui n'a pas assez de temps pour s'engager dans un long processus de négociation, peut être amené à accepter des solutions peu satisfaisantes et à perdre la négociation. Le négociateur pourrait modifier ses objectifs, ses désirs et ses intentions en fonction de son état *émotionnel* [GML08][VJW09].

Les négociateurs doivent être conscients de *l'incertitude* qui règne dans l'environnement externe et en tenir compte pendant la conduite (la base de connaissances, les croyances et les degrés de confiance) et le contrôle (les règles éthiques et les émotions) du processus décisionnel [LC04][KT09]. Par conséquent, les négociateurs doivent être en *apprentissage* continu afin de maintenir leurs performances et de s'adapter aux changements de *l'environnement externe* [Gut07][Rao87][Ver04]. *L'apprentissage* est la capacité

d'exécuter de nouvelles tâches qui n'ont pas été exécutées dans le passé ou d'améliorer l'exécution de tâches anciennes afin qu'elles soient exécutées plus rapidement ou plus efficacement [Cra92][MTG94][PJ02]. L'expéditeur peut négocier en fonction de ce qu'il a appris de ses précédentes négociations pour éviter des erreurs antérieures et renforcer sa conduite et son contrôle.

Ainsi, les dimensions relatives à l'état mental du négociateur sont au minimum: la *base de connaissances*, la *croissance*, la *confiance*, l'*émotion*, les *règles éthiques* et l'*apprentissage*.

4. Les dimensions comportementales

Les dimensions comportementales constituent les dimensions liées à la réaction et aux changements comportementaux de l'agent négociateur face aux informations collectées de son environnement externe et en fonction de son état mental [FSJ98][BLH00].

Le résultat final d'une négociation dépend du *comportement* que les négociateurs adoptent au tout long du processus de négociation [MTG94][BS01]. Différents types de comportements de négociation sont à distinguer. Principalement, nous citons les comportements coopératifs, les comportements agressifs, les comportements *créatifs*, les comportements *rationnels* et les comportements *irrationnels* [LJSL+03][LWN08]. Les négociateurs optent pour l'un de ces différents comportements selon le type de négociation à entreprendre (« gagnant-perdant » ou « gagnant-gagnant ») [Fau99][BLH00][LWN08]. Dans une négociation « gagnant-perdant », les négociateurs rejettent toutes les propositions qui ne satisfont pas leurs objectifs. Un expéditeur refuse de négocier toute proposition dans laquelle il doit payer un prix plus élevé que celui prédéterminé avant de commencer la négociation. Dans une négociation « gagnant-gagnant », les négociateurs peuvent renoncer à certains objectifs fixés en faveur de l'objectif global (payer un prix plus élevé en contre partie de conditions de livraison plus favorables).

De plus, un négociateur peut adopter un comportement rationnel ou irrationnel [LJSL+03]. La *rationalité* assure que le négociateur se concentre uniquement sur ses objectifs et qu'il n'est pas influencé par des facteurs externes [BS01][AC07]. Par exemple, l'expéditeur estime que les prix proposés par de grandes sociétés de livraison sont plus chers que ceux proposés par de petits transporteurs. L'expéditeur peut soit accepter d'être livré par des grandes sociétés de livraison, soit par des petits transporteurs. Dans les deux cas, l'expéditeur doit agir de façon *rationnelle* afin que la livraison de ses produits soit conforme à ses

objectifs. La *rationalité* signifie aussi le fait de résoudre les problèmes en temps réel et dans *l'incertitude* [Sch05][AC07][JD09].

Le négociateur peut aussi adopter un comportement *irrationnel* [LCN90][LJSL+03]. Dans ce cas, il est difficile aux autres négociateurs de prévoir ses actions et la négociation peut se terminer par un échec [LJSL+03][AC07]. Afin d'éviter cet échec, le négociateur peut se baser sur son comportement créatif [Bod95][BS01][EMS10]. *La créativité* permet de redémarrer le processus de négociation en changeant certaines de ses contraintes en vue d'atteindre un nouvel arrangement avec les participants [LCN90][SB98]. Par exemple, lorsqu'aucun transporteur n'accepte les prix trop bas proposés par l'expéditeur, ce dernier pour éviter l'échec reformule d'une manière créative un nouvel appel d'offre. Dans sa reformulation, les prix pourraient être générés à partir des minimums des prix proposés par les différents transporteurs.

Finalement, tout agent négociateur doit adopter une série de *stratégies* pendant le processus de négociation [SLGW02][FMDF08]. Plusieurs *stratégies* ont été proposées dans la littérature telles que les stratégies conçues sur la théorie des jeux ([Rao87][MTG94]), sur les heuristiques ([FSJ98][BS01]) ou sur l'argumentation ([Por98] [LCN90]). Dans son choix, le négociateur peut utiliser l'une de ces *stratégies* ou construire ses propres *stratégies* selon ses besoins.

Ainsi, les dimensions liées au comportement du négociateur sont au minimum: la *rationalité*, le *comportement*, la *créativité* et la *stratégie*.

Nous avons identifié à partir de la littérature quatorze dimensions de négociation nécessaire à prendre en considération pour simuler les conditions réelles d'un environnement de négociation. Ces dimensions sont (*Figure I.7*): (1) le comportement, (2) l'émotion, (3) les données incertaines, (4) la croyance, (5) la perception, (6) la rationalité, (7) l'environnement, (8) la confiance, (9) l'apprentissage, (10) la créativité, (11) la base de connaissance, (12) les règles d'éthique, (13) la communication et (14) la stratégie. Le groupement de ces différentes dimensions, à notre connaissance, en trois composantes (l'environnement externe, l'état mental et les dimensions comportementales) est unique.

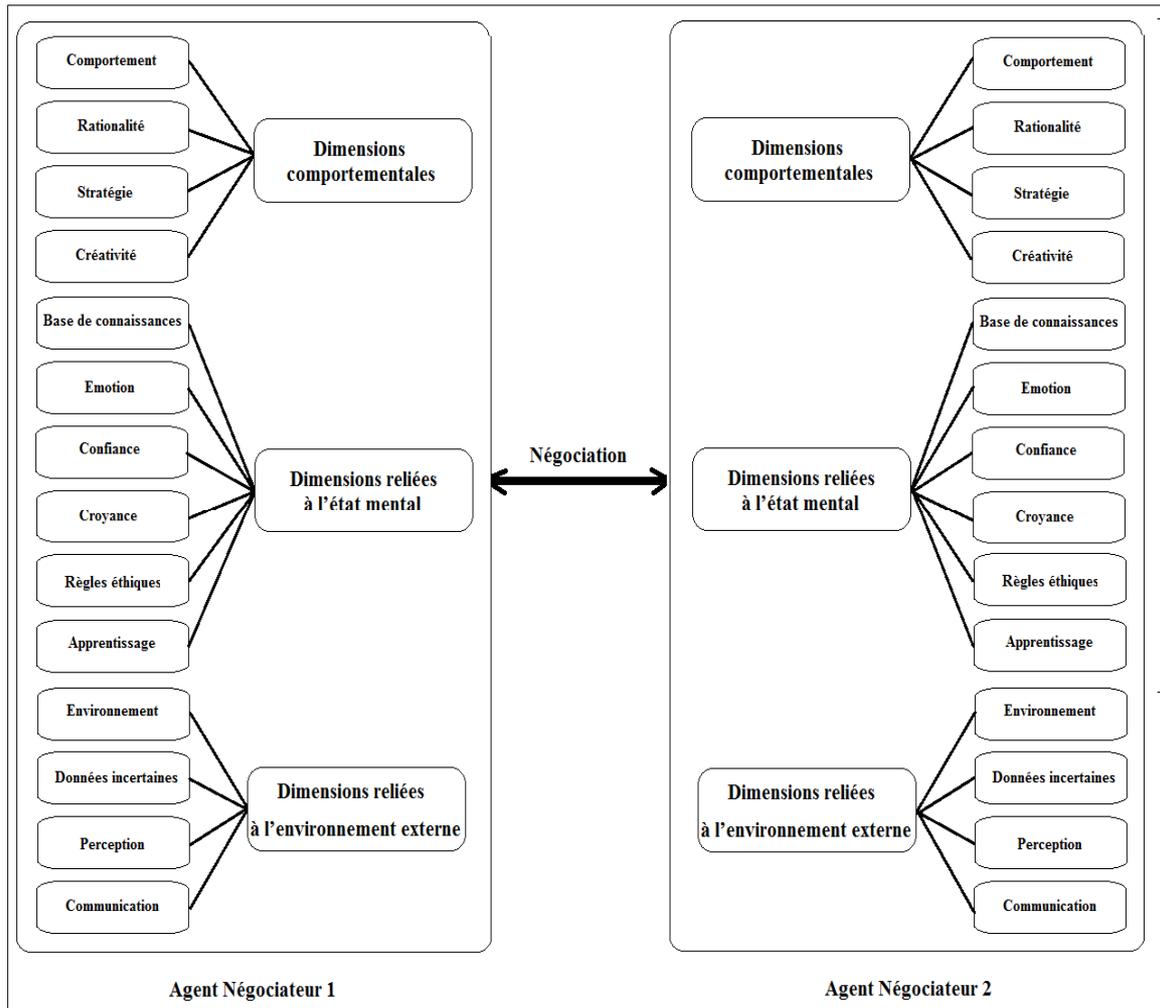


Figure I.7 : Les dimensions de négociation

Dans ce qui suit, nous présentons les relations minimales qui pourraient exister entre ces différentes dimensions.

5. Les relations de base entre les dimensions du modèle de négociation

Les quatorze dimensions, identifiées ci-dessus, ne sont pas indépendantes les unes des autres. Dans cette section, les relations d'influence entre ces différentes dimensions seront identifiées. Nous utilisons le même exemple de l'enchère combinatoire de transport pour illustrer ces relations.

5.1. Les relations des dimensions de l'environnement avec l'état mental et les dimensions comportementales

L'expéditeur doit être en mesure d'adapter son comportement à tout changement qui peut survenir dans son environnement. Ce changement peut conduire à un changement dans son état mental (sa croyance, ses règles éthiques, son degré de confiance, sa base de connaissance et son émotion) [HJ01][Van07][FMDF08] et dans ses dimensions comportementales (son comportement, sa stratégie, sa rationalité et sa créativité) [LC04][RZNL+05]. Par exemple, un ou plusieurs changements survenus dans une région (troubles sociaux, augmentation du prix du pétrole) peuvent changer les croyances d'un expéditeur dans le sens où les coûts des livraisons vers cette région peuvent augmenter. Cette nouvelle croyance sera enregistrée dans la base de connaissance de l'expéditeur [LW07]. La perception d'une réalité influe ainsi sur l'état mental et le comportement du négociateur (*Figure I.8*).

L'environnement du négociateur peut également fournir des données incertaines qui peuvent avoir une influence sur la perception du négociateur [OXA08][KT09]. Par conséquent, il y a une flèche de l'environnement et des données incertaines vers la perception. Par exemple, si une livraison est annulée, l'expéditeur peut demander au transporteur de changer le prix, ou le camion (un camion avec un volume plus petit) et le transporteur doit être prêt à faire face à cette incertitude dans son environnement, qui ne peut être prédite à l'avance et ainsi modifier sa stratégie de négociation [LC04]. Le transporteur peut aboutir à la conclusion que l'expéditeur n'est pas sérieux et qu'il n'est pas capable de prédire le nombre de livraison. Par conséquent, le transporteur met à jour son état mental à travers un processus d'apprentissage. Cette mise à jour va toucher plus précisément : 1) le degré de confiance concernant cet expéditeur (une diminution du degré), 2) l'émotion (une colère par rapport à cet expéditeur), 3) les croyances (expéditeur non sérieux), 4) la base de connaissance et 5) les règles éthiques.

De plus, la communication assure l'échange de données et de connaissances dans les deux niveaux interne et externe de négociation [LJSL+03][KT09]. Le niveau externe regroupe tous les agents qui participent à la négociation et le niveau interne représente l'architecture interne de l'agent négociateur c.-à-d. son état mental ([HJ01][KT09]) et ses dimensions comportementales ([RZNL+05][RCC09]). Les données résultantes de la communication avec les transporteurs, qui peuvent être incertaines [LC04], génèrent de nouvelles connaissances (de nouvelles croyances et de nouvelles règles d'éthiques) pour l'expéditeur [HJ01][KT09]. Ces nouvelles connaissances auront une influence sur les relations de confiance entre les

négociateurs [BKG09][DSW11] et sur leurs comportements et futures stratégies [RZNL+05][RCC09].

5.2. Les relations entre les dimensions de l'état mental

Les dimensions de l'état mental ont une influence les unes sur les autres. Les croyances peuvent être influencées par les émotions et vice versa [Fau99][PJ02]. Par exemple, si un expéditeur croit qu'une livraison est risquée (produits toxique, produits fragiles, destination dangereuse, etc.), il peut avoir un sentiment de « sympathie » envers le transporteur en lui montrant une satisfaction vis-à-vis de l'offre même si les prix sont un peu élevés. L'émotion est influencée par le degré de confiance et vice versa [KY02][KT09]. Par exemple, l'expéditeur adoptera un état émotionnel négatif lorsqu'il négocie avec un transporteur en qui il n'a pas confiance (critiquer tout et à tout moment, juger sans chercher à comprendre, etc.) [KY02]. La confiance est aussi modifiée selon l'état émotionnel du négociateur [KT09]. Un expéditeur indécis et douteux n'accordera sa confiance à aucun transporteur.

Les croyances ont une influence sur le degré de confiance du négociateur et sur son comportement et vice versa [RAU03]. Le degré de confiance de l'expéditeur concernant un transporteur *A* évolue en fonction d'un processus d'apprentissage continu à partir des croyances et des connaissances disponibles sur ce transporteur [HJ01][KT09b]. Supposons que l'expéditeur ait conclu plusieurs arrangements avec un transporteur *A* et aucun avec un transporteur *B*. Dans une négociation future, l'expéditeur aura plus confiance envers les propositions de *A* qu'envers celles de *B*. De même, les croyances de l'expéditeur évoluent en fonction du même processus d'apprentissage. Ce processus est basé sur ses règles éthiques et sur sa base de connaissances [LW07][GML08][KT09b]. En s'appuyant sur ses enquêtes et sur ses analyses, l'expéditeur apprend qu'une livraison doit être effectuée dans un délai qui ne dépasse pas les 24 heures. Comme l'expéditeur adopte la règle éthique suivante « *nous devons respecter les délais de livraison* », une nouvelle croyance, stipulant que « *la livraison ne doit pas dépasser les 24 heures* », est ajoutée à l'ensemble des croyances de l'expéditeur.

5.3. Les relations entre les dimensions de l'état mental et les dimensions comportementales

Tout changement dans l'état mental peut affecter toutes les quatre dimensions comportementales du négociateur [LCN90][YYN01][Van07][GML08]. En effet, les émotions peuvent influencer le comportement du négociateur et vice versa [YYN01]. Selon ses émotions, un négociateur peut adopter un comportement coopératif ou un comportement non

coopératif. Si l'expéditeur change d'état émotionnel (*Normal* → *Colère* – *Etat mental*) par rapport à un transporteur, premièrement il adoptera un *comportement* agressif et deuxièmement il changera de *stratégie* de négociation avec ce même transporteur [Biv92][SLGW02]. De plus, son état comportemental peut, dans l'autre sens, changer son état émotionnel [HJ01][BGA05][JD09].

Si au cours de ce processus de négociation, l'expéditeur apprend sur un site Web que le transporteur n'est pas bien apprécié par sa clientèle, il adoptera un comportement agressif vis-à-vis de ce transporteur. Si maintenant, l'expéditeur détient une nouvelle connaissance (*la base de connaissances* – *Etat mental*) concernant une hausse des prix du pétrole, il adoptera directement un *comportement créatif* en reformulant un nouvel appel d'offre pour éviter un éventuel échec de négociation [GG96][BS01][GML08]. Finalement, malgré que toutes les propositions envoyées présentes un prix satisfaisant, en s'appuyant sur *sa rationalité* l'expéditeur les refuse pour la seule raison que toutes ces propositions ne respectent pas ses éthiques (*les règles éthiques* – *Etat mental*) [GG96][Bow04].

De plus, l'attitude mentale du négociateur devrait être rationnelle [LCN90][Car99]. Dans notre exemple, l'expéditeur peut utiliser les informations concernant la déception de la clientèle du transporteur comme un argument rationnel pour diminuer le critère de prix. La rationalité représente ainsi un auto-jugement du négociateur pour assurer une bonne gestion et un contrôle continu de son état mental [Sch05][JVH06].

5.4. Les relations entre les dimensions comportementales

Les dimensions comportementales ont une influence les unes sur les autres. La rationalité présente une influence sur le comportement et la stratégie du négociateur [AC07][JD09]. La rationalité assure une concentration continue sur les objectifs principaux de la négociation [LJSL+03][LC04]. En conséquence, un expéditeur rationnel adopte forcément une stratégie qui maximise son profit [BLH00]. La stratégie est influencée aussi par la créativité de l'agent négociateur. On parle ici d'une stratégie créative [AB94][EMS10]. Ce type de stratégie est utilisé pour éviter le cas d'échec dans la négociation [KM06]. En outre, le processus de sélection de la stratégie est influencé également par le comportement du négociateur [BS01][FMDF08][EAZ09]. Selon son état comportemental (coopératif / compétitif), l'expéditeur choisit sa stratégie de négociation à utiliser (maximisation de la qualité de service / minimisation du prix) [RAU03].

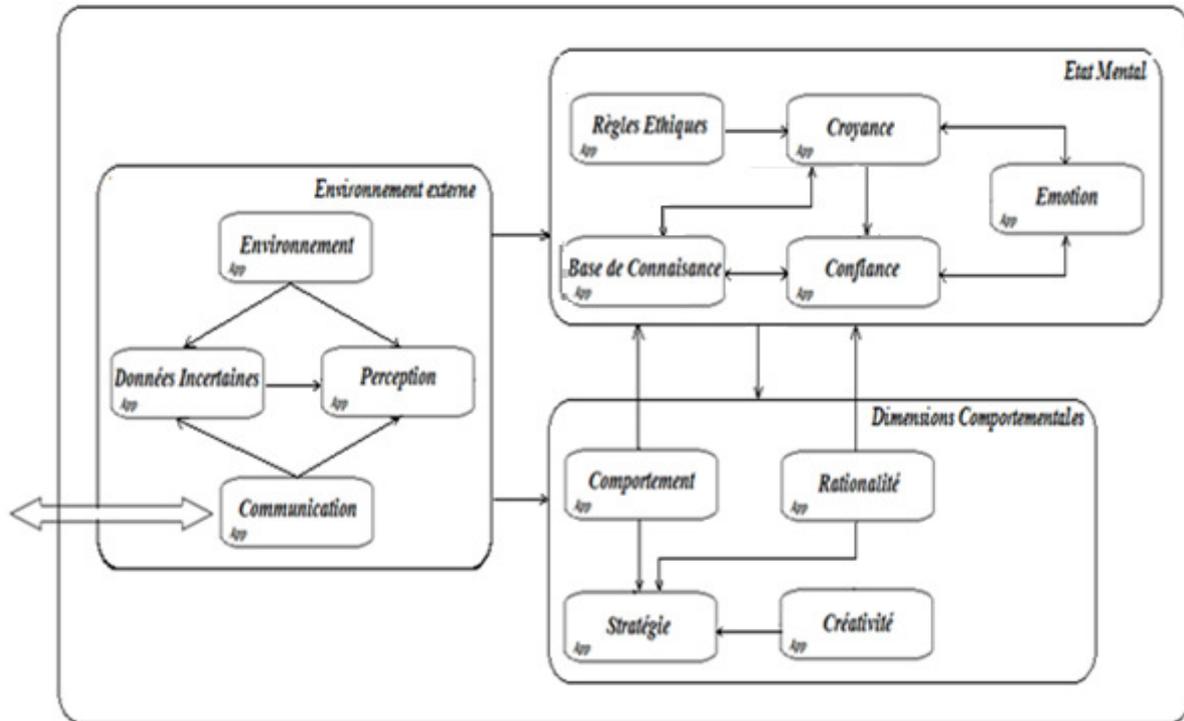


Figure I.8 : Le modèle réaliste de négociation de base

Ce modèle met en évidence les différentes dimensions de négociation minimales à prendre en considération lors de la conception d'un outil de négociation basé sur les systèmes multi-agents. À notre connaissance, aucun modèle dans la littérature n'a regroupé toutes ces dimensions avec toutes les relations entre les dimensions.

6. Positionnement avec le modèle théorique [LWN08]

Après la présentation des différentes relations et influences de base existante entre les dimensions du modèle conceptuel de négociation proposée, nous comparons ce modèle avec le modèle théorique proposé dans [LWN08] pour montrer la principale contribution de l'intégration de ces quatorze dimensions dans un même modèle.

Le cadre théorique développé en [LWN08] introduit onze dimensions regroupées en quatre catégories: (1) les préliminaires (les conflits sociaux et la négociation des parties), (2) la pré-négociation (la structuration de l'information personnelle, l'analyse des opposants, la définition du protocole et la sélection de la stratégie initiale), (3) la négociation (l'échange d'offres et feedback d'informations, l'argumentation, l'apprentissage, le choix dynamique des stratégies et la résolution de l'impasse) et (4) la renégociation (l'analyse et l'amélioration de l'arrangement définitif) [LWN08].

La dimension du « *conflit social* » explore et analyse les conflits qui servent à orienter le processus de négociation. Le conflit signifie une divergence d'intérêts *perçue*. Chaque négociateur interprète le conflit social en se basant sur sa perception. Par conséquent, les conflits sociaux peuvent être remplacés par la dimension de la *perception* dans notre modèle. La dimension « *des parties de négociation* » désigne le nombre de parties qui peuvent interagir et participer à la négociation. Cette dimension est représentée par la *communication*.

La dimension de « *structuration de l'information personnelle* » indique le nombre de croyances et d'informations personnelles que chaque négociateur devrait avoir avant de commencer la négociation. Ces deux sources d'informations représentent les deux dimensions de la *croyance* et de la *base de connaissances*. La dimension de « *l'analyse des opposants* » désigne la capacité d'utilisation des informations sur les opposants (adversaires) afin d'acquérir un sens clair d'orientation sur la façon de procéder. Le négociateur, en se basant sur sa rationalité, utilise ses connaissances pour analyser un ensemble d'opposants qui participent à la négociation. Par conséquent, cette dimension se réfère aux dimensions de la *rationalité* et de la *base de connaissances*. Enfin, dans la dimension de « *la définition du protocole et la sélection de la stratégie initiale* », le négociateur spécifie et définit le protocole de négociation ainsi qu'un ensemble de stratégies qui seront tous les deux utilisés lors de la négociation. Le protocole de négociation spécifie les règles qui régissent les interactions entre les agents négociateurs. Ces règles sont définies au niveau du comportement du négociateur. Par conséquent, cette dimension est mappée aux dimensions de *stratégie*, de *communication* et du *comportement*.

La dimension « *d'échange d'offres et feedback d'informations* » se réfère à la communication des informations et des offres pour permettre la construction d'une situation commune et un équilibre de négociation. Cette dimension concerne l'échange de croyances entre les parties négociatrices. Cet échange dépend du degré de confiance entre ces négociateurs. Cette dimension se réfère aux dimensions de *communication*, de *croyance* et de *confiance*. « *L'argumentation* » fait référence aux activités de structuration et de présentation des arguments qui font partie de la stratégie adoptée par le négociateur. Les arguments sont utilisés pour influencer sur l'attitude et le comportement du négociateur. Donc cette dimension est considérée comme les deux dimensions de *stratégie* et de *comportement*. La dimension « *d'apprentissage* » porte sur l'acquisition de nouvelles connaissances et sur la capacité de les utiliser pour améliorer la négociation. Le « *choix dynamique des stratégies* » correspond à la sélection de différentes stratégies à adopter par le négociateur. Cette dimension est modélisée

dans notre modèle par la dimension de la *stratégie*. La dimension de « *la résolution de l'impasse* » se réfère à la sélection des approches efficaces en vue de surmonter les impasses potentielles. Cette dimension est relative à la dimension de *la créativité*.

Enfin, la dimension « *d'analyse et d'amélioration de l'arrangement définitif* » concerne les stratégies de renégociation utilisées par le négociateur afin d'analyser et d'améliorer l'arrangement final. Cette dimension peut également être associée à la dimension de *la stratégie*. Le Tableau I.1 présente les correspondances entre les deux cadres théoriques de négociation ainsi que notre contribution au niveau du cadre proposé dans le but de modéliser une négociation réaliste automatisée.

Tableau I-1 : Les Correspondances avec le cadre théorique proposé dans [LWN08]

Les Catégories du cadre théorique dans [LWN08]	Les Dimensions dans [LWN08]	Les Correspondances
Préliminaires	Conflits sociaux	Perception
	Parties négociatrices	Communication
Pré-négociation	Structuration des informations personnelles	Croyances Base de Connaissances
	Analyse des opposants	Rationalité
	Définition du protocole et Sélection de la stratégie initiale	Comportement Communication Stratégie
Négociation actuelle	Echange des offres et Feedback d'informations	Communication Confiance
	Argumentation	Croyances
	Apprentissage	Stratégie
	Choix dynamique des stratégies	Comportement
	Résolution des impasses	Apprentissage Créativité
Renégociation	Analyse and Amélioration de l'arrangement final	Stratégie
Contribution de cadre théorique proposé	Environnement dynamique Règles éthiques Emotion Données incertaines	

Le Tableau I.1 met en évidence les points suivants : les dimensions de notre cadre théorique couvrent toutes les catégories présentées dans [LWN08]. Il y a certaines dimensions qui peuvent être mappées dans plus qu'une catégorie du modèle proposé dans [LWN08]. Par

exemple, la dimension de croyances apparaît dans la catégorie préliminaire ainsi que dans la négociation actuelle. En effet, dans notre exemple, l'expéditeur détient des croyances avant le début de la négociation (catégorie préliminaire) et peut utiliser et ajouter de nouvelles croyances au cours du processus de négociation (négociation actuelle). Le cadre théorique proposé présente des dimensions supplémentaires en comparaison avec celui dans [LWN08] qui sont les règles éthique, l'émotion, les données incertaines et l'environnement.

7. Contribution et Discussion

Cette section présente une étude de vingt modèles de négociation proposés entre les années 2000 et 2010. Le choix de cette période s'explique par notre intention d'étudier des modèles récemment proposés. L'objectif de cette étude est d'évaluer le degré avec lequel ces modèles prennent en considération les quatorze dimensions identifiées dans la section 4. Le choix des vingt modèles a été fait à la suite de l'étude d'une centaine de modèles de négociation pendant la même période. Deux critères ont conditionné ce choix: (1) le nombre de dimensions contenu dans un modèle (recherche du plus grand nombre) et (2) l'originalité des dimensions citées dans un modèle. Le premier critère est utilisé pour répondre à la question suivante "*y a-t-il un modèle de négociation qui fait référence à toutes les dimensions de négociation?*". Le second critère montre les dimensions les moins mentionnées dans la littérature. Nous avons précisé au niveau de chaque modèle si chacune de ses dimensions est uniquement référencée ou si elle est formellement définie (*Tableau I.2*).

Tableau I-2 : Le résultat de la revue de la littérature

Dimensions	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	Total	Total	
	Modèle														Formel	Référencement	
[BLH00]				+		+	+		-		+			-	-	4	3
[Col08]									-	-					-	0	3
[FMDF08]	+				-	-	+		+						+	4	2
[GML08]	-	-			-			-		-		-	-	-		0	8
[HJ01]	+			+	-		-				+		+			4	2
[JD09]	+		-				+		+		-		-	-		3	4
[JVH06]	-	+				-	+		+							3	2
[KT09]			+		-			-			+		+	-		3	3
[LW07]					-		+		+		+		-	-		3	3
[LC04]	-		+			+		-	+		+					4	2
[LRP08]	-					+	+		+		-			+		4	2
[LJSL+03]	+					+	-				+		+	+		5	1
[RCC09]	+				-				+		+		+			4	1
[RAU03]	+			+					+		+		+	+		6	0
[RZNL+05]	+				+			+					+	-		4	1
[SLGW02]					-		+		-		-		-	-		1	5
[Van07]	-	+							-							1	2
[VJW09]	-			-	-						-		-			0	5
[XSLO+09]						-	-		-		-					0	4
[YYN01]		+							+					-		2	1

+: Représentation Formelle

-: Juste référencée, mais pas formellement développée

1 : le comportement, 2 : l'émotion, 3 : les données incertaines, 4 : la croyance, 5 : la perception, 6 : la rationalité, 7 : l'environnement, 8 : la confiance, 9 : l'apprentissage, 10 : la créativité, 11 : la base de connaissance, 12 : les règles d'éthique, 13 : la communication et 14 : la stratégie.

Tel que montré dans le Tableau I.2, aucun modèle de négociation présenté n'intègre toutes les dimensions identifiées dans notre modèle multi-agents. Le modèle de [GML08] met en relief huit dimensions qui représentent le plus grand nombre de dimensions considérés dans notre modèle. Toutefois, aucune représentation formelle de ces dimensions n'a été

proposée, Le modèle décrit dans [RAU03] a intégré seulement six dimensions avec description formelle.

Il y a deux dimensions qui ont été moins référencées que les autres dimensions : les règles éthiques et la créativité et pour lesquelles aucune présentation formelle n'a été fournie. Toutes les autres dimensions ont été formellement représentées au moins dans un travail scientifique.

Sur les quatorze dimensions identifiées dans notre modèle proposé, il y a sept dimensions qui sont moins intégrées dans les modèles de recherche. Elles sont présentées par ordre croissant de référencement: (1) les règles éthiques, (2) la créativité, (3) la confiance, (4) la perception, (5) les données incertaines, (6) l'émotion et (7) la croyance. Ces sept dimensions ont une relation directe avec l'état mental et le comportement du négociateur.

Au terme de ce chapitre, quatorze dimensions de négociation indispensables à prendre en considération dans la simulation d'un processus de négociation réaliste ont été identifiées. ces dimensions sont regroupées en trois composantes à savoir : A) l'environnement externe (1/ l'environnement, 2/ la perception, 3/ les données incertaines et 4/ la communication), B) l'état mental (5/ l'émotion, 6/ la confiance, 7/ les règles éthiques, 8/ la base de connaissances, 9/ l'apprentissage et 10/ la croyance) et C) les dimensions comportementales (11/ le comportement, 12/ la stratégie, 13/ la créativité et 14/ la rationalité). Nous avons intégré toutes ces dimensions dans un seul modèle théorique de négociation. A notre connaissance, La modélisation présentée est inédite par rapport aux travaux de recherche précédents.

Le degré de Confiance

Dans le cadre de la deuxième contribution de ce travail, nous exposons, à présent, un modèle formel pour la dimension de confiance, une dimension parmi les 14 identifiées dans le chapitre précédent. Trois raisons dictent le choix de la confiance : 1) la confiance permet d'avoir une meilleure idée sur les agents avec lesquels on négocie [CF98][RJSG03][AG07], 2) le processus décisionnel de l'agent sera plus facile et rapide en se référant sur le degré de confiance qui réduit les conflits entre les agents négociateurs [CC09][NU10] et 3) la confiance permet d'assurer un contrôle social au niveau des interactions entre les agents intelligents du système [IA08]. Ce contrôle représente un facteur de succès dans les systèmes de résolution des problèmes et de prise de décision au niveau des modèles de négociation réalistes et virtuels [BSH00][CC09]. La confiance est donc un critère de sélection important des services dans les modèles de négociation [CF98][BKG09][CC09].

Dans un environnement distribué hétérogène, un agent intelligent qui accorde sa confiance à un autre agent cible, lui *délègue* une partie ou la totalité d'une action à exécuter [LLYY09][SW09]. La délégation forme de futures fondations de coopération entre les deux parties. Pour qu'un agent A puisse prendre une décision de déléguer une action à un autre agent cible B, il est nécessaire que cet agent A ait confiance envers l'agent cible B. De ce fait, l'agent B inclut et adopte l'action déléguée dans son plan d'exécution [CF98][LLYY09]. La confiance est présente dans les systèmes multi-agents à environnement semi-compétitifs [BMAR09]. En effet, dans un environnement coopératif, les agents partagent leurs utilités en essayant de les optimiser [BC01]. Ayant l'intention de coopérer les uns avec les autres, ils présentent tous une bonne réputation et un bon degré de confiance [NU10]. Dans un environnement compétitif, chaque agent tend à maximiser son utilité tout en essayant de minimiser celles des autres agents du système [LWN08][CM10]. L'absence de confiance mutuelle aboutit à celle de toute intention de coopérer entre les agents.

Dans un environnement semi-compétitif, les agents négocient pour coopérer et la décision de collaboration se fait en se basant sur le degré de confiance entre les différents agents [CF98][SS05][BMAR09]. Castelfranchi et Falcon Dans [CF98] affirment que dans un

système multi-agents, la confiance est beaucoup plus qu'un simple nombre, une quantité ou une probabilité subjective, mais elle représente un état mental et une attitude sociale riche et complexe d'un agent A envers un autre agent B cible concernant l'exécution d'une action ou la satisfaction d'un objectif indiqué [CF98][KT09b]. Généralement, deux mécanismes produisent la confiance envers un agent : la confiance directe et la confiance indirecte [JXZZ05][IA08][BKG09][HD09][KGBT09].

La confiance directe, appelée réputation directe, d'un agent A envers un agent B cible est générée à partir des historiques des interactions directes entre A et B [IA08][BKG09]. La confiance indirecte, appelée aussi la réputation indirecte, est générée à partir d'une sélection d'informations propagées dans le réseau social concernant l'historique des interactions d'autres agents avec l'agent cible sans nécessairement l'existence de relations directes avec l'agent concerné [WV04][TMFR+08][LLYY09][AG07][SNR09] [DSW11].

Dans la première partie de ce chapitre, nous identifions les trois entités à considérer lors du calcul du degré de confiance entre deux agents négociateurs qui sont (1) la réputation directe de l'agent cible, (2) la réputation indirecte et (3) la différence de croyance entre les deux agents négociateurs. Nous identifions aussi dans la même partie les paramètres qui interviennent dans le calcul de ces entités, afin de simuler les conditions réelles de négociation, à savoir le domaine de la négociation, le poids de l'arrangement, le temps de l'arrangement, le degré de fiabilité et le degré d'importance d'un agent négociateur vis-à-vis d'un autre. La deuxième partie sera sujette d'une revue de la littérature des différents modèles de confiance dans un cadre de négociation unilatérale suivie d'une critique de ces modèles concernant leurs niveaux d'utilisation des entités et des paramètres de confiance identifiés. Dans la dernière partie, nous proposons un modèle mathématique pour le calcul du degré de confiance sur la base des entités et paramètres définis.

1. Les entités et les paramètres de confiance

Plusieurs modèles de confiance basés sur les SMA ont été proposés dans la littérature pour mesurer le niveau de confiance entre deux agents négociateurs [CF98][EC01][CC09] [KT09b][DSW11]. Ces modèles se basent sur un ensemble d'entités et de paramètres pour refléter les conditions réelles de négociation. Nous identifions dans cette partie les différentes entités et paramètres de confiance. Nous utilisons l'exemple de la négociation de l'appel

d'offres lancé par l'expéditeur dans le domaine du transport pour illustrer les éléments constitutifs de notre modèle de confiance.

1.1. Les entités de confiance

Après la réception de l'ensemble des propositions envoyées par les transporteurs, l'expéditeur procède, avant de déterminer l'utilité de chaque proposition reçue, à la vérification et au calcul du degré de confiance de chaque transporteur. Dans son processus de vérification, l'expéditeur utilise deux approches : une vérification directe et une vérification indirecte [SS05][NU10]. La vérification directe est composée de deux points : 1) la vérification directe courante et la vérification directe antérieure [SS01][SS05].

Au niveau de la vérification directe courante, l'expéditeur compare les données envoyées dans chaque proposition avec ses propres croyances. Ce processus est nommé *la différence de croyances* qui permet de vérifier le degré d'exactitude des données envoyées par le transporteur avec les croyances de l'expéditeur [CF98][SS05]. Dans la proposition envoyée par un transporteur *TI*, le prix proposé pour la livraison entre Tunis et Sfax est de 300 dinars. A partir de ses données personnelles existantes dans sa base de connaissances, l'expéditeur croit que le prix d'une telle livraison ne dépasse pas les 200 dinars. En comparant ces deux valeurs (300 et 200), l'expéditeur conclut que ce transporteur n'est pas honnête. L'entité de *différence de croyances* représente un moyen pour vérifier l'honnêteté du transporteur par l'expéditeur.

Le deuxième type de vérification directe est la vérification antérieure. Dans ce cas, l'expéditeur se réfère à l'historique de ses arrangements directs antérieurs conclus avec le transporteur à évaluer. Dans son analyse de ces différents arrangements, l'expéditeur compare entre le nombre des arrangements satisfaisants et celui des non satisfaisants avec ce même transporteur [RFPB05][DSW11]. Si le nombre des arrangements satisfaisants est plus grand que celui des non satisfaisants, l'expéditeur admet que le transporteur est *crédible* et qu'il a une bonne *réputation directe* [SS01][WV04]. Sur la base de plusieurs travaux en gestion et en marketing à savoir [KW82][Sha83][Tir88][GV98], la *crédibilité* est fortement associée à la notion de *réputation* [Lar01]. La *réputation directe* est une solution pour atténuer le risque des données inexacts et mensongères présentes dans les mécanismes de réputation directe [LXZC08][SNR09]. Elle représente un comportement de l'agent négociateur [LWN08]

[DSW11]. Ce comportement ne peut être vérifié que si l'agent cible présente un historique d'arrangements avec l'agent négociateur [DSW11].

L'agent négociateur peut aussi avoir recours à d'autres sources pour collecter de l'information sur un agent cible. Cette source de confiance est la réputation indirecte [JXZZ05][KGBT09]. La réputation indirecte est considérée comme une recommandation pour aider les preneurs de décision dans leurs processus décisionnels [IA08]. Suite à la réception d'une proposition de la part d'un transporteur T et après consultation de sa base de connaissances, l'expéditeur demande les avis à d'autres expéditeurs à propos de ce transporteur pour constituer une idée plus claire à ce sujet. L'ensemble de ces recommandations constitue l'ensemble *des réputations directes* des agents (appelés agents témoins) envers le transporteur T [LXZC08][DSW11][WV04][KT09b]. La *réputation indirecte* reste toujours une source de risque lorsque les agents échangent des recommandations inexactes et mensongères [CF98][JXZZ05][AG07]. Pour le surmonter, l'agent négociateur (l'expéditeur) doit procéder à une sélection des recommandations afin d'avoir un bon jugement [DSW11]. Ainsi, les entités reliées au calcul de confiance sont au minimum : *la différence de croyances, la réputation directe et la réputation indirecte*.

1.2. Les paramètres de confiance

Plusieurs paramètres ont été proposés dans la littérature pour calculer la différence de croyance, la réputation directe et la réputation indirecte. Dans ce qui suit, nous identifions ces paramètres.

L'importance de la négociation et son ampleur varie avec le *domaine* (le *contexte*) où elle est réalisée [Cra92][Car99][IA08][HD09][DSW11]. À titre d'exemple, le résultat d'une négociation relative à une livraison de produits toxiques et inflammatoires pour une société d'expédition multiservices, est plus important que celui d'une négociation concernant une livraison de meubles. Cette société aura plus de confiance aux transporteurs des produits toxiques qu'aux transporteurs de meubles.

Pour différencier entre deux arrangements antérieurs qui appartiennent au même *domaine de négociation*, l'agent négociateur peut utiliser, pour évaluer la confiance, *le temps et le poids de la transaction* [RJSG03][IA08]. Ces deux paramètres permettent d'assurer une conformité aux conditions réelles dans l'environnement semi-compétitif de négociation

[LZO04]. Un expéditeur qui a conclu un arrangement avec un transporteur *T1* en 2002 pour une livraison internationale, peut signer en 2012 le même arrangement avec un autre transporteur *T2* (*le même poids*).

Même si ces deux arrangements sont identiques d'un point de vue *domaine de négociation et poids de la transaction*, l'expéditeur aura plus confiance au transporteur *T2* que *T1*. Cette différence de degré de confiance est expliquée par la possibilité de changement du comportement de *T1* durant les dix dernières années, une période plus longue que celle reliant l'expéditeur avec l'arrangement signé avec le transporteur *T2* qui probablement a gardé le même comportement. Lorsque l'expéditeur analyse des arrangements appartenant au même domaine et conclus dans la même période, il procède à une évaluation de leurs poids. Cette évaluation permet de différencier entre les différents transporteurs cibles et de donner plus de confiance au transporteur ayant le plus grand poids d'arrangement.

Moldovan dans [Mol10] a montré que le poids d'un arrangement conclu dans une période *t* peut être calculé en fonction : 1) du rendement effectué par cet arrangement et 2) du rendement total effectué par l'agent (l'expéditeur) dans la même période *t*. Un expéditeur fait un rendement total de 100.000 DNT en 2010. Pendant cette année, nous distinguons l'arrangement *A1* conclus par l'expéditeur avec un rendement de 5.000 DNT et un arrangement *A2* avec un rendement de 2.000 DNT. Selon les travaux de Moldovan, l'arrangement *A1* aura plus de poids que l'arrangement *A2* ($\frac{5.000}{100.000} > \frac{2.000}{100.000}$).

Pour avoir un bon jugement de la réputation directe ou indirecte d'un transporteur, l'expéditeur doit disposer d'un nombre acceptable d'arrangements conclus (recommandations reçues dans le cas indirect) avec le transporteur à évaluer [SS01b][BMAR09]. Sabater et Sierra dans [SS01b] ont montré qu'une expérience isolée ou un nombre minime d'arrangements ne suffit pas pour porter un jugement correct sur quelqu'un. Plus le nombre des recommandations augmente, plus le *degré de fiabilité* augmente jusqu'à atteindre sa valeur maximale (égale à 1). Après avoir reçu les recommandations de trois expéditeurs E1, E2 et E3 concernant l'évaluation du transporteur T1, l'expéditeur vérifie le *degré d'importance* du transporteur cible par rapport à chaque expéditeur témoin. Ce degré d'importance permet de différencier entre les différentes recommandations reçues. Il consiste à donner plus de poids à la recommandation issue de l'expéditeur témoin que l'expéditeur estime le plus important. Ce paramètre d'importance a été présenté dans [BMAR09]. Il est

démontré que plus l'agent cible conclut des arrangements avec l'agent témoins, plus son degré d'importance est grand.

En somme, il y a au moins trois entités et cinq paramètres de confiance que nous estimons nécessaires pour calculer le degré de confiance pour le processus de négociation. Ces entités sont : (1) la réputation directe, (2) la différence de croyances et (3) la réputation indirecte. Les paramètres sont : (1) le domaine de négociation, (2) le temps de l'arrangement, (3) le poids de l'arrangement, (4) le degré de fiabilité et (5) le degré d'importance de l'agent témoin.

2. Positionnement par rapport à la littérature

Plusieurs modèles de confiance ont été proposés pour modéliser la dimension de confiance dans les SMA. Chacun de ces modèles a adopté une technique dans sa modélisation et son calcul de la confiance à savoir : la théorie des jeux ([BKG09]), les réseaux bayésiens ([WV04][IA08][DSW11]), les systèmes d'inférences ([MP07]), les ensembles flous ([SS01b][RJSG03][RFPB05][CM10]) et la théorie des graphes ([EC01] [JXZZ05]). Nous passons en revue quelques-uns de ces systèmes dans le but d'étudier la façon dont ils ont abordé la dimension de la confiance. Nous sélectionnons un modèle de confiance pour chaque technique en montrant son niveau de traitement des entités et des paramètres de confiance identifiés dans la première partie. Cette revue permet de mettre en évidence notre deuxième contribution et de montrer la plus-value de cette recherche et son positionnement par rapport aux différents modèles de confiance proposés. Cette partie est achevée par un tableau récapitulatif montrant le degré d'intégration des entités de confiance au niveau de chaque modèle de confiance étudié.

2.1. La Théorie des jeux

Ben Tahar *et al.* ont proposé dans [BKG09] une approche basée sur les réseaux sociaux pour modéliser la confiance dans un processus décisionnel pour la sélection d'un service (service fournisseur) par un client. La confiance est modélisée sous la forme d'un jeu entre le client et le fournisseur. Cette confiance est représentée dans un réseau social de deux manières : 1) la confiance entre les clients qui représente les relations d'amitiés et 2) la confiance entre les clients et leurs fournisseurs. La théorie des jeux est utilisée pour analyser ces deux types de relations de confiance en modélisant des situations dans lesquelles les

joueurs s'engagent dans des interactions en affectant les résultats de chacun. Dans l'approche proposée, les services (fournisseurs) sont modélisés sous forme d'agents rationnels cherchant à maximiser l'utilité qu'ils peuvent avoir en participant au jeu.

Chaque client c_i est lié à un ensemble de clients qu'il connaît et un ensemble de services (fournisseurs) avec lesquels il a interagit antérieurement. Le degré de confiance est calculé en utilisant une combinaison des deux types de confiance : 1) la confiance par évaluation directe (*la réputation directe*) et 2) la confiance par évaluation indirecte à partir des recommandations d'autres clients du système (*la réputation indirecte*). Dans l'évaluation directe, trois éléments sont employés pour caractériser le rapport entre le client et le fournisseur à évaluer : (i) le degré de confiance $Tr_{c_i}^{p_j}$ entre le client c_i et le fournisseur p_j , (ii) le nombre de transaction $NT_{c_i}^{p_j}$ entre le client c_i et le fournisseur p_j , et (iii) le temps de la dernière transaction $TiR_{c_i}^{p_j}$ entre le client c_i et le fournisseur p_j (*le temps de l'arrangement*). L'évaluation directe d'un fournisseur p_j par le client c_i ne peut être réalisée que si ce client dispose d'assez d'arrangements antérieurs avec le fournisseur cible (*le degré de fiabilité*).

Dans l'évaluation indirecte, le client réunit, des informations sur le fournisseur cible p_j par d'autres clients témoins qui potentiellement connaissent ce fournisseur sur le réseau et acceptent de partager leurs expériences avec le client c_i . Les données collectées sont traitées et validées en se basant sur trois variables définies entre le client c_i et les autres clients c_k : (i) le degré de confiance $Tr_{c_i}^{c_k}$ entre deux clients c_i et c_k à partir d'une base d'historiques entre ces deux clients, (ii) le nombre de communication $NT_{c_i}^{c_k}$ entre deux clients c_i et c_k (*le degré de fiabilité des recommandations*) et (iii) le temps de la dernière communication $TiR_{c_i}^{c_k}$ entre deux clients c_i et c_k (*le temps de la recommandation*). En utilisant ces différents éléments, le client filtre les recommandations envoyées par les clients témoins après vérification de leurs réputations.

La vérification de la réputation d'un client témoin c_k consiste à maximiser sa fonction d'utilité $u_k(x)$. Cette fonction d'utilité représente la sommation de trois fonctions $f_k(x)$, $g_k(x)$ et $c.h_k(x)$. La fonction $f_k(x)$ représente la similitude entre les informations envoyées par le client témoin c_k concernant le fournisseur cible et les informations reçues par d'autres clients. La fonction $g_k(x)$ définit la distance entre la valeur de la confiance du fournisseur cible envoyée par c_k et la moyenne des valeurs de confiance indiquées par tous les agents du réseau pour le même fournisseur. La fonction $h_k(x)$ est calculée en termes de distances entre l'information

indiquée par le client témoin c_k et le comportement réel du client c_i (*La différence de croyances*). L'équilibre de Nash du jeu de confiance est établi en maximisant la fonction d'utilité du client c_i . Cet équilibre est atteint lorsque tous les clients témoins c_k envoient des informations correctes.

Le modèle proposé dans [BKG09] a traité formellement les trois entités de confiance (la réputation directe, la réputation indirecte et la différence de croyances). Au niveau du calcul des deux réputations (directe et indirecte), les auteurs ont pris en considération uniquement : d'une manière formelle le temps de l'arrangement (temps de recommandation dans le cas indirect) et ainsi que le degré de fiabilité. Concernant le calcul de la différence de croyances, les auteurs ont utilisé la notion de croyance des agents négociateurs. Toutefois, cette entité a été abordée dans [BKG09] d'une manière différente par rapport à sa définition puisqu'elle est utilisée pour la comparaison entre les croyances de l'agent négociateur et les données courantes envoyées par l'agent cible. Alors qu'au niveau de ce modèle, cette entité a été utilisée pour évaluer les données envoyées par l'agent témoin. Cette entité nous est très proche du paramètre poids d'arrangement que l'entité de différence de croyances.

2.2. Les Réseaux Bayésiens

Denko et al ont proposé dans [DSW11] un système de gestion de confiance conçu sur les réseaux bayésiens et les fonctions de raisonnement et d'apprentissage. Le modèle de confiance proposé permet à un agent de trouver d'autres agents de confiance appropriés pour une interaction fiable et efficace, tout en détectant ceux qui sont malhonnêtes. Il représente une extension des travaux de Denko et Sun (2004) où le calcul de la confiance est basé sur : (1) les interactions historiques tout en tenant compte de la fiabilité des informations précédentes et (2) l'estimation d'une probabilité conditionnelle. La différence entre ces deux modèles (2004 et 2010) est qu'au niveau du modèle 2010 un agent peut calculer le degré de confiance de deux manières directe et indirecte.

Le calcul de la confiance directe est réalisé par l'observation directe entre les deux agents. A l'opposé, le calcul de la confiance indirecte nécessite les recommandations d'autres agents témoins. Le modèle 2010 réalise les tâches suivantes : 1) juger la fiabilité et la confiance d'un agent cible pour une interaction éventuelle 2) et faire un meilleur usage des recommandations reçues après leurs analyses. L'inférence Bayésienne est utilisée pour évaluer les anciennes données stockées dans la base de connaissances de l'agent et pour

mettre à jour, avec un raffinement, les nouvelles données collectées (recommandations ou observations). Cette inférence permet de donner plus de poids aux données récentes (*le temps de l'arrangement*). La distribution bêta est adoptée pour le calcul de confiance direct et indirect.

Pour le calcul direct, cette distribution utilise le nombre des interactions satisfaisantes n_s et le nombre des interactions non satisfaisantes n_u entre les deux agents. Au niveau du calcul indirect, la distribution bêta utilise le nombre de recommandations d'interactions satisfaisantes n_s^r et le nombre de recommandations d'interactions insatisfaisantes n_u^r envoyés par tous les agents témoins (*le degré d'importance*). Le paramètre temps est intégré au niveau des deux variables n_s et n_u pour donner plus d'importance aux interactions récentes.

Trois limites sont à distinguer au niveau de ce modèle. La première consiste à la non-prise en compte de l'entité de différence de croyances dans le calcul du degré de confiance. La deuxième limite réside dans le seul usage du temps de l'arrangement (recommandation) et du degré d'importance dans le calcul des deux autres entités (la réputation directe et la réputation indirecte). La troisième limite est observée au niveau de la modélisation formelle du degré d'importance (la réputation indirecte). Nous remarquons que les auteurs utilisent des informations personnelles des agents témoins (n_s^r le nombre de recommandations d'interactions satisfaisantes et n_u^r le nombre de recommandations d'interactions insatisfaisantes). Ces données sont difficiles à partager et même si les agents témoins acceptent de partager ces données personnelles avec l'agent négociateur, ce dernier ne pourra pas vérifier leur exactitude et risque fortement de se tromper.

2.3. Les Systèmes d'inférences

Martinelli et Petrocchi dans [MP07] ont proposé un modèle pour la représentation et l'analyse de la confiance et de la sécurité au niveau des coalitions dynamiques dans un réseau. Une combinaison des deux langages RT_0 et Crypto-CCS est utilisée pour la définition et la gestion du modèle de confiance directe et indirecte entre les agents dans les systèmes distribués. Cette combinaison est basée sur une série de règles d'inférence telles que par exemple la confiance fonctionnelle entre deux agents A et D pour l'exécution d'une tâche f , la recommandation envoyée par l'agent D à l'agent A pour une tâche f , la confiance fonctionnelle entre l'agent A et l'agent D via une recommandation de l'agent B , la confiance fonctionnelle indirecte entre l'agent A et l'agent D . Le calcul de la confiance directe ou

indirecte se fait par des processus de transition entre les différentes règles d'inférence. En effet, pour qu'une relation de confiance soit établie entre deux agents négociateurs, il suffit d'effectuer une série de transition de règles d'inférence (la confiance fonctionnelle directe ou la confiance fonctionnelle indirecte).

Nous remarquons au niveau de ce modèle de confiance une absence totale du traitement de l'entité de différence de croyances dans le calcul du degré de confiance. Nous affirmons que les deux autres entités de confiance ont été modélisées formellement dans ce modèle à travers l'utilisation des règles d'inférence. Cependant, cette modélisation est, à notre sens, défailante et non réaliste puisqu'elle ne tient compte d'aucun paramètre de confiance identifié. De plus, nous détectons au niveau du calcul de la réputation indirecte, le même inconvénient du partage des données personnelles observé dans le modèle [DSW11]. Dans ce modèle, l'agent négociateur se réfère dans son calcul indirect sur les règles d'inférence personnelles des agents témoins.

2.4. Les ensembles flous

Sabater et Sierra dans [SS01b] ont proposé le modèle REGRET de confiance décentralisée, basé sur les ensembles flous et conçu pour les environnements complexes de commerce électronique où différents types d'agents avec différentes relations sociales sont en interaction. L'agent, par l'usage d'un sociogramme, est capable de modéliser des relations sociales telles que la compétition ou la collaboration. Deux dimensions définissent ce modèle : 1) la dimension individuelle ou la réputation subjective et 2) la dimension sociale. Au niveau de la dimension individuelle, la confiance est basée sur les impressions directes d'un agent envers un agent cible (*la réputation directe*).

Dans son évaluation, l'agent hiérarchise ses expériences directes en fonction de leur récence (*le temps de l'arrangement*). La deuxième dimension sociale est conçue pour estimer la fiabilité de l'agent cible lorsque les expériences directes sont insuffisantes ou inexistantes (*la réputation indirecte*). Cette dimension détermine l'honnêteté et la crédibilité des observations. Elle est divisée en trois sous-types de réputation en fonction des sources d'informations (*les recommandations*): (i) la réputation de l'agent voisin calculée à partir des informations provenant des agents témoins adjacents à l'agent négociateur, (ii) la réputation du groupe basée sur des informations provenant des agents voisins avec l'agent cible et (iii) la

réputation du système calculée à partir de l'évaluation de la fiabilité de l'agent cible par rapport à son rôle joué dans le sociogramme (*le degré de fiabilité*).

Deux limites sont à distinguer dans ce modèle de confiance : 1) aucune modélisation (formelle ou référencement) est employée pour le calcul de la différence de croyances, 2) seuls deux paramètres sont modélisés formellement (*le temps et le degré de fiabilité*) et un seul paramètre référencé (*le degré d'importance*) dans le calcul des deux types de réputations (*directe et indirecte*). Ces deux limites empêchent ce modèle de confiance d'être un modèle qui reflète les conditions réelles nécessaires pour le calcul du degré de confiance entre deux agents négociateur.

2.5. La Théorie des graphes

Jiang *et al.* ont présenté dans [JXZZ05] un modèle de construction de confiance autonome à partir de la théorie des graphes. Le graphe a été adopté pour décrire les relations de confiance entre les agents. Ces relations de confiance sont générées à partir de combinaisons graphiques et d'un processus de recherche des chemins. Deux agents coopèrent s'il existe une relation de confiance entre eux. Deux types de relations de confiance sont définis : les relations directes et les relations indirectes. Les relations directes sont modélisées par un lien direct entre les deux agents, alors que les relations indirectes sont spécifiées par une succession de liens qui représentent les interactions que d'autres agents ont avec l'agent cible.

Trois concepts de graphes, déjà proposés par Capkun et al (2003), sont adoptés dans le modèle de [JXZZ05]: 1) un graphe de relations de confiance entre les agents (*ATRG*), 2) un sous graphe de relations de confiance entre les agents (*ATRSG*), et 3) le chemin de confiance d'un agent (*ATP*). Le premier graphe est un graphe orienté. Il permet de représenter les relations de confiance entre les agents. $ATRG = (V, E)$, où V décrit l'ensemble des agents et $E = V * V$ décrit la relation de confiance entre ces agents. Le deuxième graphe est aussi orienté et représente toutes relations de confiance directes et indirectes qu'un agent i possède. $ATRSG_i = (V', E')$, où $V' \subset V$ décrit les agents qui ont des relations de confiance avec l'agent i et $E = V' * V'$ décrit la relation de confiance entre les agents de V' . Le chemin de confiance (*ATP*) partant de l'agent i à l'agent j définit la séquence d'agents de confiance $\{v_i, v_{i+1}, \dots, v_n, \dots, v_j\}$.

Cette séquence indique que l'agent *i* peut obtenir une relation de confiance avec l'agent *j* après une série de délégations de confiance avec d'autres agents témoins. Au départ, tous les sous-graphes *ATRSG* comportent uniquement les relations de confiance directes. Si un agent *i* veut coopérer avec un agent *j* inexistant dans son *ATRSG*, une recherche d'un chemin de confiance ATP entre *i* et *j* est nécessaire. Lorsqu'un chemin est repéré, les deux sous-graphes *ATRSG_i* et *ATRSG_j* seront combinés. Les agents combinent leurs sous-graphes de confiance par des interactions itératives jusqu'à obtenir un *ATRG* global.

A l'instar des autres modèles étudiés, le modèle de confiance de [JXZZ05] ne simule pas les différences de croyances existantes entre les agents négociateurs. Il permet de décrire les relations de confiance directes et indirectes de chaque agent du système sans tenir compte d'aucun paramètre de confiance identifié. De plus, ce modèle décrit les relations de confiance sans les classifier selon le degré de confiance attribué. En conséquence, un agent pourrait avoir du mal à choisir entre deux agents existants dans son sous-graphe de confiance. Une solution possible à ce problème est de définir un poids pour chaque arc du graphe (graphe pondéré) et ce poids représentera le degré de confiance entre les deux agents.

Le tableau II.1 montre le degré d'intégration des entités ainsi que les paramètres de confiance identifiés au niveau des modèles de confiance étudiés.

Tableau II-1 : Le résultat de la revue de la littérature

Entité	DC	Cd					Cind				Total			
		IE	T	P	D	DF	IE	T	Imp	DF	TR		TRF	
											TRE	TRP	TRFE	TRFP
[EC01]		+					+				0	0	2	0
[SS01b]		+	+			+	+	-	+		0	1	2	2
[RJSG03]		+					+				0	0	2	0
[WV04]		+					+		-		0	1	2	0
[RFPB05]		+				-	+		-		0	1	2	0
[JXZZ05]		+					+				0	0	2	0
[MP07]		+					+				0	0	2	0
[IA08]	-	+					+		-		1	1	2	0
[BKG09]	+	+	+			-	+	+	-	-	0	2	3	1
[CM10]		+					+		-		0	1	2	0
[DSW11]		+	+				+	+	+	-	0	1	2	2

Entité « Différence de croyances »

Entité « Crédibilité Directe »

Entité « Crédibilité Indirecte »

DC

Cd

Cind

Représentation Formelle

Référencement

Total référencement des Paramètres

+

-

TRP

Paramètre « Domaine de négociation »	D	Total Représentation Formelle des Paramètres	TRFP
Paramètre « Poids de l'arrangement »	P	Total représentation formelle	TRF
Paramètre « Temps de l'arrangement »	T	Total référencement	TR
Paramètre « Importance de témoin »	Imp	Total représentation formelle des Entités de confiance	TRFE
Paramètre « Degré de fiabilité »	Df	Total référencement des Entités de confiance	TRE
Intégration de l'Entité de confiance	IE		

A partir du tableau II.1, nous tirons les conclusions suivantes :

1. Aucun modèle n'a intégré en totalité toutes les entités et tous les paramètres de confiance.
2. Un seul modèle [BKG09] a formellement utilisé les trois entités de confiance en ayant toutefois omis d'intégrer le domaine de négociation, le poids de l'arrangement, le degré de fiabilité, et le degré d'importance.
3. L'entité de la différence de croyances est seulement formalisée une seule fois dans [BKG09] et une seule fois référencée dans [IA08].
4. Les deux paramètres poids de l'arrangement et domaine de négociation ne sont ni formalisés ni référencés dans aucun modèle étudié.

Les lacunes citées ci-dessus représente une piste de recherche pour notre recherche par la proposition d'un modèle qui intègre toutes les entités et tous les paramètres de la confiance identifiés et simule les conditions réelles d'une négociation. Ce modèle proposé sera sujet de la section suivante.

3. Le Modèle de Confiance proposé

Le modèle de confiance proposé dans cette section permet de calculer le degré de confiance entre les agents d'un système de négociation bilatérale. Tel qu'illustré à la figure II.1, le calcul de confiance est une combinaison des deux types de confiance : directe et indirecte. La confiance directe est calculée à partir de la réputation directe et de la différence de croyances. La confiance indirecte représente la réputation indirecte. Ce modèle a la particularité, par rapport à tous les modèles en littérature, d'inclure toutes les entités (la réputation directe, la réputation indirecte et la différence de croyances) et tous les paramètres (le domaine de négociation, le temps de l'arrangement, le poids de l'arrangement, le degré

d'importance et le degré de fiabilité) qu'aucun autre modèle de confiance, à notre connaissance, n'introduit.

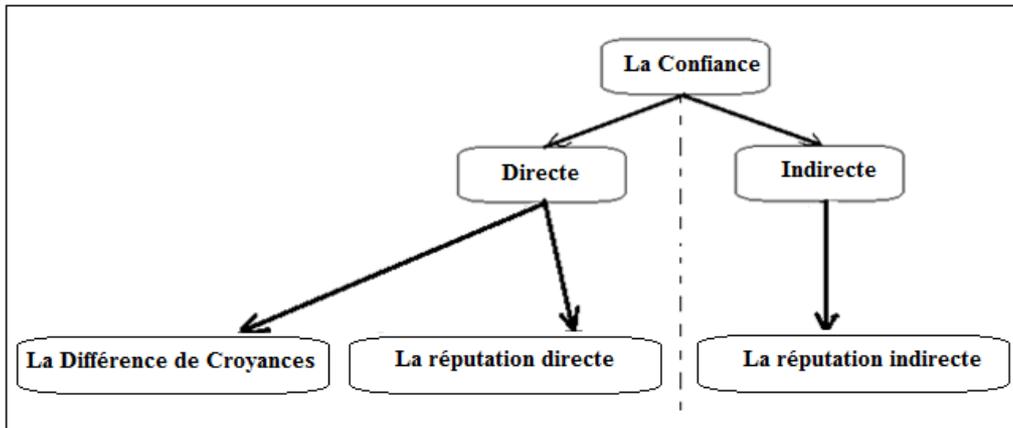


Figure II.1 : Les entités de Confiance

Nous proposons dans le cadre de notre modèle mathématique les indices suivants : Soit A l'ensemble des agents tel que $A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$. Soit Ap^{a_i} l'appel d'offre proposé par l'agent négociateur a_i . Ap^{a_i} est composé de n critères $c_k \{c_1, c_2, c_3, \dots, c_n\}$ qui doivent être respectés par les agents cibles. Nous notons $R_d^{a_i}(a_j)$ la réputation directe de l'agent cible a_j par rapport à l'agent négociateur a_i , $DC^{a_i}(a_j, Ap^{a_i})$ la différence de croyances entre l'agent a_i et l'agent cible a_j pour l'appel d'offre Ap et $R_{ind}^{a_i}(a_j)$ la réputation indirecte de l'agent a_j par rapport à l'agent négociateur a_i .

Le degré de confiance $Conf^{a_i}(a_j)$ de l'agent cible a_j (formule 1) représente la sommation des deux réputations (directe et indirecte) à laquelle nous soustrayons la soustraction la différence de croyances. Cette soustraction explique le comportement opposé du degré de confiance par rapport à la différence de croyances. En effet, plus l'agent négociateur cible présente une différence de croyances élevée, plus son degré de confiance sera faible. Nous intégrons au niveau de la formule du degré de confiance trois facteurs de pondération w_1 , w_2 et w_3 respectivement pour la réputation directe, la réputation indirecte et la différence de croyances. Ces pondérations représentent l'importance de chaque entité. Ils sont fixés par le négociateur, avec $\sum_{k=1}^3 w_k = 1$.

$$Conf^{a_i}(a_j) = w_1 \cdot R_d^{a_i}(a_j) + w_2 \cdot R_{ind}^{a_i}(a_j) - w_3 \cdot DC^{a_i}(a_j, Ap^{a_i}) \quad (1)$$

Le degré de confiance est une fonction comprise entre 0 et 1 ($Conf^{a_i}(a_j) \in [0,1]$) [SS01][YS02][RSJG03][IA08][BMAR09][BGK09][DSW11]. Pour le calcul des trois entités

de confiance, il est indispensable de prendre en considération les paramètres de confiance identifiés dont nous calculons les valeurs avant de celles des trois entités.

3.1. Les paramètres de confiance

Les cinq paramètres de confiance identifiés dans la section 1 sont : (1) le domaine de négociation, (2) le poids de l'arrangement, (3) le temps de l'arrangement, (4) le degré de fiabilité et (5) le degré d'importance de l'agent témoin.

3.1.1. Le domaine de négociation

Malgré son influence sur le degré de confiance, le domaine de négociation n'est pas intégré dans aucun modèle de confiance étudié. L'importance d'un appel d'offre varie d'un domaine à un autre [Mar94][Mol10]. Dans ce sens, il faut tenir compte du poids du domaine lors du calcul du degré de confiance. Un agent a fait confiance à deux agents cibles a_1 et a_2 respectivement dans les deux domaines D_1 et D_2 . Si le domaine D_1 est plus important que le domaine D_2 , on aura un degré de confiance de l'agent a_1 plus élevé que celui de l'agent a_2 [ZP08].

L'agent négociateur précise pour chaque domaine D un poids compris entre 0 et 1. Ce paramètre est donné selon l'importance du domaine dans le marché. Cette importance dépend généralement de plusieurs critères à savoir : le critère d'investissement, le critère de prix, le critère de nécessité, le critère de sensibilité, le critère d'utilité, etc. [Mol10]. Ainsi, le premier paramètre est une valeur fournie par l'agent négociateur a_i .

Domaine (D)	Poids (P)
D1	P ₁
D2	P ₂

3.1.2. Le poids de l'arrangement

Le poids de l'arrangement n'a pas été traité précédemment dans la littérature spécialisée. Le poids de l'arrangement permet de comparer les arrangements historiques conclus avec l'agent cible. Lors du calcul du degré de confiance d'un transporteur cible, l'expéditeur calcule le poids de chaque arrangement antérieur conclu avec ce transporteur. Moldovan montre que le calcul du poids d'un arrangement est fonction du rendement de l'entreprise dans la même période de cet arrangement [Mol10]. Dans ce sens, le calcul du

le poids d'un arrangement consiste à comparer le rendement de l'arrangement cible avec le maximum des rendements de tous les arrangements conclus par l'entreprise dans la même période.

Soit $Ar_{i,t}$ l'arrangement i conclu dans la période t . Soit Rd_t le rendement du négociateur dans la période t et $RAr_{i,t}$ le rendement de l'arrangement $Ar_{i,t}$. Le pourcentage de rendement de l'arrangement $Ar_{i,t}$ à t est noté par $Pr_{i,t}$. Ce pourcentage est calculé en fonction de Rd_t et de $RAr_{i,t}$:

$$Pr_{i,t} = \frac{RAr_{i,t}}{Rd_t} \quad (2)$$

Soit S_t l'ensemble de tous les pourcentages de rendements d'arrangements conclus dans la période t et MPr_t le plus grand pourcentage de rendements dans la période t .

$$MPr_t = \text{Max}(Pr_{k,t} \in S_t) \quad (3)$$

Le poids de l'arrangement cible P_i conclu dans la période t est en relation avec la distance entre $Pr_{i,t}$ et MPr_t . Plus cette distance est grande, plus le poids de l'arrangement est faible et vice versa. La formule de variance serait appropriée pour définir cette distance entre ces deux valeurs [Pal02]. Deux types de variance sont présents dans la littérature : (1) la variance simple et (2) la variance carrée plus sensible à la dispersion entre les deux valeurs à analyser [Pal02]. Pour le calcul du poids de l'arrangement, nous choisissons le deuxième d'utiliser la variance carrée.

$$P_i = 1 - \frac{|Pr_{i,t}^2 - MPr_t^2|}{MPr_t^2} \quad (4)$$

Vu que la distance entre les deux valeurs est négativement corrélée avec le poids de l'arrangement, nous avons P_i qui est égal à l'unité moins la variance carrée.

3.1.3. Le temps de l'arrangement

Le degré de confiance varie dans le temps. Pour évaluer un arrangement, on doit tenir compte de la période de sa réalisation [SS01b][DSW11]. Le temps de l'arrangement est le plus utilisé dans les modèles de confiance étudiés. Afin de mesurer l'influence du temps, deux types de moyennes sont à notre disposition : la moyenne mobile pondérée et la moyenne mobile exponentielle. La moyenne mobile pondérée permet de valoriser les données récentes par rapport aux plus anciennes [BKG09]. La moyenne mobile exponentielle (*figure II.2*) n'est

qu'une variante de la moyenne mobile pondérée. La seule différence réside dans le fait qu'elle utilise une pondération des termes qui décroît exponentiellement et donne davantage de poids aux données récentes au détriment des données anciennes [CR06][Her11]



Figure II.2 : la moyenne mobile exponentielle

Hunter (1986) démontre que le poids de chaque valeur est plus important que le poids de la valeur qui la précède dans la série ce qui donne plus d'importance aux observations les plus récentes, sans toutefois jamais ignorer complètement l'effet des valeurs les plus anciennes. Etant donné x_t la valeur originale et \bar{x}_t qui représente sa nouvelle valeur après la prise en considération du paramètre temps et en utilisant la moyenne mobile exponentielle \bar{x}_t s'écrit comme suit [CR06][DSW11]:

$$\bar{x}_t = \alpha x_t + (1 - \alpha) \bar{x}_{t-1} \quad (5)$$

α est une constante de lissage qui dépend du nombre de périodes de temps N fixé par le négociateur [Her11]:

$$\alpha = \frac{2}{N+1} \quad (6)$$

La valeur x_t est obtenue à la période t . Le paramètre temps de l'arrangement varie de 1 à N . Il est égal à 1 lorsque la valeur à évaluer est obtenue au temps courant ($t_0 = 1$) et il est incrémentée de 1 chaque fois qu'on change de période en allant des valeurs plus anciennes jusqu'à atteindre la valeur N ($t_N = N$).

3.1.4. Le degré de l'importance de l'agent témoin

Le degré de l'importance de l'agent témoin est utilisé dans le calcul de la réputation indirecte. Il permet de valoriser les recommandations envoyées par des agents témoins que l'agent négociateur estime importants. Ce paramètre a été référencé dans six modèles de

confiance (*Tableau II.1*) comme important à considérer dans le calcul de la confiance. Selon eux, l'importance de l'agent témoin est fixée par le négociateur humain. Barouni *et al.* (2009) ont proposé, un modèle de calcul de ce paramètre que nous utilisons dans le cadre de ce travail [BMAR09]. Le modèle propose N_g le nombre des arrangements conclus entre l'agent cible et l'agent témoin g et TN le nombre total des arrangements conclus par un agent témoin durant toute sa vie professionnelle. Le degré d'importance θ_g de l'agent cible de point de vue de l'agent témoin g est le rapport de N_g sur TN .

$$\theta_g = \frac{N_g}{TN} \quad (7), \quad \theta_g \in [0,1]$$

3.1.5. Le degré de fiabilité

Le degré de fiabilité est utilisé dans le calcul de la réputation directe et de la réputation indirecte. Pour avoir un jugement fiable, l'expéditeur a besoin d'un certain nombre d'arrangements conclus avec l'agent cible (le cas de la réputation directe) ou de recommandations reçues d'agents témoins (le cas de la réputation indirecte). Dès que ce nombre est atteint, le degré de fiabilité reste constant et égal à 1. Ce paramètre a été référencé trois fois (*Tableau II.1*) et a été proposé formellement uniquement dans [SS01b] dont nous adoptons la formule. Étant donné n le nombre d'arrangements conclus (ou le nombre de recommandations reçues) et itm le nombre d'arrangements acceptables (ou recommandations acceptables) jugeant d'une manière fiable un agent cible, la formule du degré de fiabilité $\xi \in [0,1]$ est calculée comme suit :

$$\xi = \begin{cases} \sin\left(\frac{\pi}{2.itm} |n|\right) & \text{si } |n| \in [0, itm] \\ 1 & \text{sinon} \end{cases} \quad (8)$$

Au niveau des cinq paramètres identifiés, nous avons introduit deux nouvelles règles de calcul pour deux paramètres à savoir le temps de l'arrangement et le poids de l'arrangement. Nous avons aussi montré que le paramètre du domaine de négociation est une valeur donnée par l'agent négociateur a_i . Concernant les deux derniers paramètres (le degré d'importance et le degré de fiabilité), nous avons réutilisé deux règles de la littérature. Dans ce qui suit, nous présentons le calcul des trois entités qui décrivent la confiance à savoir : la réputation directe, la différence de croyances et la réputation indirecte.

3.2. La Confiance Directe

Le calcul du degré de la confiance directe consiste à calculer la réputation directe d'un agent cible par rapport à l'agent négociation ainsi que la différence de croyances entre ces deux agents. D'après notre revue de la littérature, un seul modèle a formellement intégré l'entité de la différence de croyances [BKG09]. Les autres modèles ont plutôt proposé une formulation des deux types réputation (directe et indirecte). Dans ce qui suit, nous discutons toutes les formules en proposant des nouvelles si nécessaire (aucune intégration totale de tous les paramètres de la confiance).

3.2.1. La réputation directe

Le risque d'avoir des données mensongères dans les propositions reçues dans un appel d'offre Ap n'est pas exclu. L'agent cible peut être honnête ou malhonnête. Il est nécessaire, avant de conclure un arrangement potentiel, de calculer la réputation de l'agent. La réputation directe d'un agent est calculée à partir des arrangements antérieurs [SS05][NU10]. Dans [WV04] et [DSW11], les auteurs ont classé les arrangements antérieurs en arrangements satisfaisants et arrangements non satisfaisants. Dans le calcul de la réputation directe, les auteurs de [WV04] se sont basés sur le principe de la règle de Bayes : $p\left(\frac{h}{e}\right) = \frac{p\left(\frac{e}{h}\right) \cdot p(h)}{p(e)}$ avec $p(T=1)$ la probabilité des arrangements satisfaisants et $p(T=0)$ celle des arrangements non satisfaisants. La réputation directe représente ainsi le pourcentage d'interactions $p(T=1)$ et est mesurée par le rapport du nombre d'interactions satisfaisantes m sur le nombre total d'interactions n avec l'agent cible a_j : $R^{a_i}(a_j) = p(T = 1) = \frac{m}{n}$.

Cette formule illustre la réputation directe d'un agent, mais ne tient compte d'aucun paramètre de confiance. En utilisant cette formule, si deux agents a_1 et a_2 ont le même nombre d'arrangements satisfaisants et le même nombre total d'arrangements, ils auront obligatoirement le même pourcentage de satisfaction $p(T=1)$. Ceci est vrai sans l'être dans toutes les conditions. En effet, un arrangement satisfaisant qui date d'une semaine pèse beaucoup plus qu'un autre arrangement satisfaisant conclu depuis une année [BKG09] [DSW11]. Denko *et al.* ont adopté la formule de l'espérance bêta $\left(\frac{\alpha}{\alpha+\beta}\right)$ dans leur calcul de la réputation directe en remplaçant $\alpha = n_s + 1$ et $\beta = n_N + 1$ où n_s est le nombre des interactions satisfaisantes entre deux agents a_1 et a_2 et en définissant n_N comme le nombre de leurs interactions non satisfaisantes [DSW11].

En analysant les distributions bêta (*figure II.3*), le comportement de la réputation directe est le même que celui de l'espérance bêta. Plus la valeur de α (les arrangements satisfaisants) est élevée et celle de β (les arrangements non satisfaisants) est faible, plus l'espérance est proche de 1 (une bonne réputation directe). Toutefois, la formule d'espérance ne peut pas simuler le comportement de la réputation directe dans toutes les conditions. Il manque la prise en considération du temps de l'arrangement, de son poids et du domaine de négociation. Ces trois paramètres vont permettre la différenciation entre les arrangements et donner plus d'importance aux plus récents qui appartiennent aux domaines de négociation les plus sensibles [ZP08][Mol10]. La formule de l'espérance a été modifiée en intégrant le paramètre temps [DSW11]. Néanmoins, elle reste encore incomplète vu qu'elle ne tient pas compte du poids de l'arrangement et du domaine de la négociation.

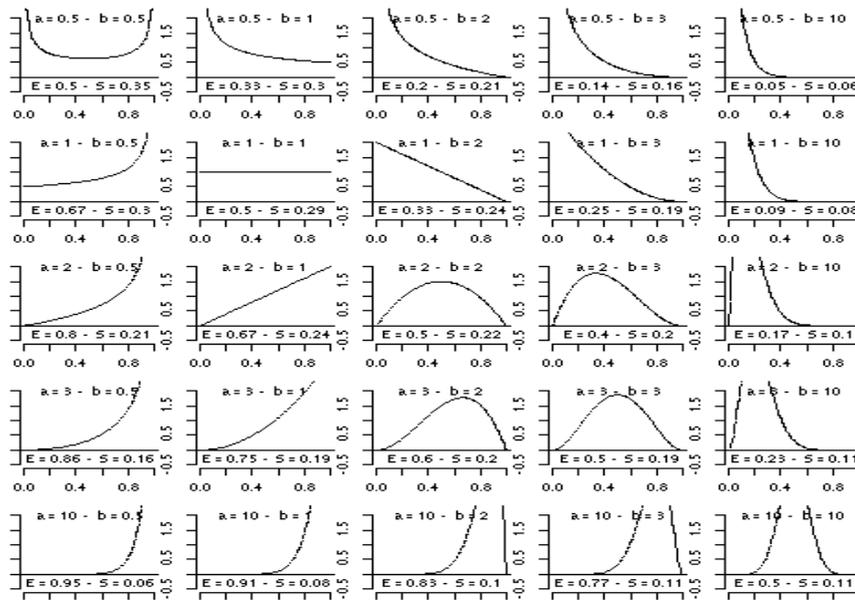


Figure II.3 : la distribution bêta

Dans la formulation de la réputation directe, nous adoptons l'espérance bêta en intégrant les paramètres de confiance (le temps de l'arrangement, le poids de l'arrangement et le domaine de la négociation) dans le but de simuler les conditions réelles d'un environnement de négociation.

En utilisant la formule de l'espérance, telle qu'elle est, la réputation directe d'un agent cible a_j s'écrit en fonction de n_S et n_N comme suit:

$$R_d^{a_i}(a_j) = \frac{n_S+1}{n_S+n_N+2} \quad (9)$$

La réputation directe est influencée par les paramètres de confiance. Ainsi, nous remplaçons le nombre des arrangements satisfaisants n_S et celui des arrangements non satisfaisants n_N par n'_S et n'_N qui sont respectivement le poids des arrangements satisfaisants et celui des non satisfaisants. Au niveau de ces deux poids, nous avons regroupé d'une manière unique les trois paramètres suivants : 1) le poids de l'arrangement i , noté par P_i , 2) le domaine de négociation de l'arrangement i , noté par D_i et 3) le temps de l'arrangement i , noté par $\bar{n}_{S,i}$ pour les arrangements satisfaisants et noté par $\bar{n}_{N,i}$ pour les arrangements non satisfaisants.

$$n'_S = \sum_{i=1}^S (\bar{n}_{S,i} \times P_i \times D_i) \quad (10)$$

$$n'_N = \sum_{i=1}^N (\bar{n}_{N,i} \times P_i \times D_i) \quad (11)$$

En remplaçant n_S et n_N par les nouvelles valeurs n'_S et n'_N , la formule de la réputation directe (formule 9) est comme suit :

$$R_d^{a_i}(a_j) = \frac{n'_S + 1}{n'_S + n'_N + 2} \quad (12)$$

Cette formule reste incomplète puisqu'elle ne tient pas compte du degré de fiabilité ξ . Par exemple, le jugement de l'expéditeur pour un transporteur avec un historique de 50 arrangements sera plus crédible qu'avec un historique de 5 arrangements [SS01b]. La nouvelle formule de la réputation directe est ainsi la suivante :

$$R_d^{a_i}(a_j) = \xi \cdot \frac{n'_S + 1}{n'_S + n'_N + 2} \quad (13)$$

La formule complète pour le calcul de la réputation directe d'un agent cible a_j par rapport à un agent négociateur a_i s'écrit ainsi :

$$R_d^{a_i}(a_j) = \xi \cdot \frac{(\sum_{i=1}^S (\bar{n}_{S,i} \times P_i \times D_i)) + 1}{(\sum_{i=1}^S (\bar{n}_{S,i} \times P_i \times D_i)) + (\sum_{i=1}^N (\bar{n}_{N,i} \times P_i \times D_i)) + 2} \quad (14)$$

3.2.2. La différence de croyances

La différence de croyances permet de donner une idée sur le comportement de l'agent cible lors de la négociation courante. Elle permet d'évaluer l'honnêteté courante de l'agent cible en analysant les données de la proposition envoyée. Cette analyse consiste à comparer ces données envoyées avec les croyances de l'agent négociateur. Lors de l'analyse de la

proposition d'un transporteur a_j , un expéditeur compare le prix donné par ce transporteur avec celui qu'il estime raisonnable. Si ces deux prix sont proches, l'expéditeur a_i admettra que le transporteur a_j est honnête. Dans le cas contraire, il conclura que ce transporteur gonfle le prix de sa proposition.

Le seul modèle qui a traité cette entité, parmi les modèles étudiés, est celui de Ben Tahar *et al.* [BKG09]. Les auteurs ont calculé cette entité en termes de distances entre l'information indiquée par l'agent témoin (la valeur observée) et le comportement réel de l'agent négociateur (la valeur estimée). En analysant la formule proposée, nous constatons que l'entité de la différence de croyances est reliée à la distance entre deux valeurs : les valeurs observées (données par l'agent cible à évaluer) et les valeurs estimées (données par l'agent négociateur) [BKG09]. Lorsque cette distance augmente, la différence de croyances augmente et vice versa.

L'inconvénient de la formule proposée dans [BKG09] réside dans l'utilisation des deux paramètres b_k et v'_k . Ces deux paramètres n'ont pas été décrits formellement dans [BKG09]. Les auteurs ont en fait référence sans entrer dans les détails. Pour notre part, nous utilisons la variance carrée pour calculer la distance entre les valeurs observées (agent cible) et les valeurs estimées (agent négociateur) [Pal02]. Cette variance a été utilisée dans le calcul du paramètre de confiance poids d'arrangement.

Dans une négociation multi-attributs, chaque proposition Ap^{a_i} est un ensemble de p critères. Nous proposons V_k la valeur du critère c_k envoyée par le transporteur a_j et B_k la valeur estimée par l'expéditeur a_i pour ce même critère. Tout critère peut avoir des valeurs qualitatives ou d'autres quantitatives. Notons $DC^{a_i}(a_j, k)$ la différence de croyances du critère c_k . Dans le cas des critères quantitatifs, $DC^{a_i}(a_j, k)$ est calculée comme suit :

$$DC^{a_i}(a_j, k) = \frac{|V_k^2 - B_k^2|}{\text{Max}(V_k^2, B_k^2)} \quad (15)$$

Dans la formule ci-dessus, la division par le maximum entre la valeur observée (V_k^2) et la valeur estimée (B_k^2) est nécessaire pour avoir une différence de croyances normalisée entre 0 et 1. Dans le cas des critères qualitatifs, $DC^{a_i}(a_j, k)$ est calculée comme suit :

$$DC^{a_i}(a_j, k) = |\mu(V_k)^2 - \mu(B_k)^2| \quad (16)$$

Lorsque le critère est qualitatif, le calcul de la distance entre les valeurs observées (V_k) et les valeurs estimées (B_k) ne peut pas être réalisé directement. Dans ce cas, une étape de déffuzification est nécessaire pour transformer les valeurs qualitatives en des valeurs quantitatives comprises entre 0 et 1 [CM10]. La déffuzification utilise la fonction d'appartenance $\mu(x) \in [0,1]$ fixée par le négociateur tout au long du processus de négociation.

Dans une négociation multi-attributs, chaque proposition Ap^{a_i} est composée d'un ensemble de critères. La différence de croyances du transporteur a pour la proposition Ap^{a_i} s'exprime ainsi :

$$DC^{a_i}(a_j, Ap^{a_i}) = \sum_{k=1}^p v_k \cdot DC^{a_i}(a_j, k) \quad (17)$$

Avec v_k est le poids de chaque critère c_k dans la proposition. Ces poids sont fixés par l'agent négociateur avec $\sum_{k=1}^p v_k = \mathbf{1}$

Au terme de cette partie, nous avons proposé deux nouvelles règles de calcul : 1) une règle pour le calcul de la réputation directe (*Formule 14*) et 2) une deuxième règle pour le calcul de la différence de croyances (*Formule 17*). Dans la première règle, nous avons inclus quatre paramètres de confiance (le domaine de négociation, le temps de l'arrangement, le poids de l'arrangement et le degré de fiabilité) dans le calcul de la réputation directe. Ce regroupement nous a permis de s'approcher des conditions réelles d'un processus de négociation. Dans la deuxième règle, nous avons pris en considération les deux types de données (quantitatif et qualitatif) dans le calcul de la différence des croyances. Ceci permet à notre modèle de confiance d'accepter tout type de données et d'être en conséquence plus générique.

3.3. La Confiance Indirecte

La confiance indirecte représente une autre source de confiance adoptée par le négociateur pour renforcer son calcul de confiance envers un agent cible. Ce type de confiance est représenté par l'entité la réputation indirecte, traitée différemment dans tous les modèles de confiance étudiés. L'agent négociateur réclame des recommandations des autres agents du système (agents témoins) concernant un agent cible à évaluer. Dès la réception de cette réclamation, les agents témoins envoient leurs recommandations. La réputation indirecte sera donc une combinaison de ces différentes recommandations avec un certain nombre de paramètres.

Les paramètres qui sont utilisés dans le calcul de la réputation indirecte sont [SS01b][WV04][DSW11]: 1) la période où la recommandation de l'agent témoin a été faite. La recommandation perd de son poids avec le temps, 2) le degré d'importance de chaque agent témoin permet de donner plus de poids aux recommandations reçues de la part des agents témoins classés plus importants que d'autres, et finalement 3) le degré de fiabilité. Le degré de fiabilité attribue plus de poids à l'évaluation sur la base du nombre des recommandations reçues. Plus le nombre de recommandation est élevé, plus la réputation indirecte est jugée crédible.

Dans notre exemple, l'expéditeur demande à d'autres expéditeurs de lui envoyer leurs recommandations concernant un transporteur cible. Les recommandations reçues représentent les réputations directes de chacun des expéditeurs témoins envers le transporteur cible. Dès la réception de ces différentes recommandations, le processus d'évaluation commence. Ce processus est composé de deux étapes [SS01b][CM10][DSW11]: (i) une première étape de sélection et (ii) une deuxième étape de combinaison. Dans la première étape, l'expéditeur n'accepte pas toutes les recommandations reçues. Il fixera un seuil d'acceptation selon le degré d'importance de l'agent témoin (Expéditeurs témoins) à l'égard de l'agent cible.

$$\begin{cases} \text{Accepter la recommandation de l'agent témoin } g \text{ si } \theta_g > \text{Valeur} \\ \text{Refuser la recommandation, sinon} \end{cases} \quad (18)$$

Avec θ_g le degré d'importance de l'agent témoin g concernant l'agent cible.

Dans la deuxième étape, l'expéditeur combine toutes recommandations acceptées pour le calcul de la réputation indirecte de l'agent cible [SS01b][RFPB05][MP07]. Une recommandation consiste à évaluer la réputation directe $R_d^g(a_j)$ de l'agent cible a_j envoyée par l'agent témoin g . Nous avons modifié cette réputation directe envoyée en intégrant : 1) le paramètre temps en donnant plus de valeur aux recommandations récentes $\bar{R}_d^g(a_j)$, 2) le degré d'importance θ_g , et par là, toutes recommandations acceptées seront pondérées par les degrés d'importance de l'agent cible a_j par rapport aux agents témoins appropriés et 3) le degré de fiabilité ξ qui sera multiplié par la somme de toutes ces recommandations pour donner un bon jugement. De cette manière, la réputation indirecte $R_{ind}^{a_i}(a_j)$ de l'agent cible a_j est représentée par la formule suivante :

$$R_{ind}^{a_i}(a_j) = \xi \cdot \frac{\sum_{g=1}^{Nr} \theta_g \cdot \bar{R}_d^g(a_j)}{\sum_g \theta_g} \quad (19)$$

Finalement, la formule pour calculer le degré de confiance d'un agent cible a_j par rapport à un agent négociateur a_i se présente comme suit :

$$Conf^{a_i}(a_j) = W_1 \cdot \xi \cdot \frac{(\sum_{i=1}^S (\bar{n}_{S,i} \times P_i \times D_i)) + 1}{(\sum_{i=1}^S (\bar{n}_{S,i} \times P_i \times D_i)) + (\sum_{i=1}^N (\bar{n}_{N,i} \times P_i \times D_i)) + 2} + W_2 \cdot \xi \cdot \frac{\sum_{g=1}^{Nr} \theta_g \cdot \bar{R}_d^g(a_j)}{\sum_g \theta_g} - W_3 \cdot \sum_{k=1}^p v_k \cdot DC^{a_i}(a_j, k) \quad (20)$$

En conclusion, la dimension de confiance est choisie parmi les quatorze dimensions de négociation puisqu'elle représente un facteur d'influence pour établir et gérer les interactions fiables entre les agents intelligents [CF98][RJSG03][AG07][HD09]. Notre contribution consiste à modéliser formellement et à calculer cette confiance. Ainsi, trois entités de confiance sont identifiées à savoir 1) la réputation directe, 2) la réputation indirecte et 3) la différence de croyances. Nous avons identifié aussi cinq paramètres qui sont à considérer dans le calcul des différentes entités de confiance. Ces paramètres sont : i) le domaine de négociation, ii) le poids de l'arrangement antérieur, iii) le temps de l'arrangement, iv) le degré de fiabilité et v) le degré de l'importance de l'agent négociateur.

Notre modèle formel regroupe toutes les entités et tous les paramètres de confiance, une conceptualisation, à notre connaissance, inédite en littérature. (*Tableau II.1*). Dans ce sens, nous avons intégré dans la réputation directe quatre paramètres (le domaine de négociation, le poids de l'arrangement, le temps de l'arrangement et le degré de fiabilité). Nous avons inclus dans le calcul de la réputation indirecte trois paramètres (le temps de l'arrangement, le degré d'importance et le degré de fiabilité). Finalement, nous avons tenu compte des deux de types de données (qualitatif et quantitatif) dans le calcul de la différence des croyances.

Le modèle de confiance proposé sera validé et testé dans le chapitre suivant à travers un exemple d'une enchère combinatoire de transport entre un expéditeur de services et un ensemble de transporteurs.

Tests et Résultats

Dans ce chapitre, nous expliquons l'intérêt à considérer la confiance dans le processus décisionnel pour une négociation. Au niveau empirique, nous utilisons l'exemple d'une négociation pour le cas d'enchères combinatoires de transport entre un expéditeur et un ensemble de transporteurs. Nous présentons aussi les résultats expérimentaux de la résolution du problème de la détermination du vainqueur de cette enchère et cela suivant cinq scénarios : 1) une enchère classique, 2) une enchère qui se base sur le modèle proposé par Rekik et Mellouli [RM12] pour le calcul de la réputation, 3) une enchère qui tient compte de la réputation directe dans son processus décisionnel, 4) une enchère qui tient compte de la réputation indirecte et 5) une enchère qui tient compte de la dimension de confiance, avec ses trois entités (la réputation directe, la différence de croyances et la réputation indirecte) proposées dans notre modèle de confiance du précédent chapitre.

L'objectif de cette comparaison des résultats des cinq scénarios précités est de démontrer le gain économique potentiellement réalisable par les expéditeurs qui intègrent la confiance dans leur processus décisionnel en comparaison avec les autres modèles de calcul.

1. Le contexte d'étude : Transport

Dans le contexte de transport routier, la plupart des expéditeurs utilisent des ventes aux enchères annuelles pour se procurer les services de transport qui leur sont nécessaires. Ces enchères conduisent à des contrats avec un ensemble de transporteurs [She04]. Récemment, plusieurs expéditeurs se sont orientés vers des mécanismes d'enchères combinatoires, en particulier dans le contexte de camionnage, pour réduire leurs coûts de transport lors de l'approvisionnement et l'exploitation [PSS06][RM12]. Le camionnage représente plus de 83% aux États-Unis (2002) et plus de 50% en Europe (2010) des dépenses de transport de marchandises [She04][Tar10] et les « Truckload » (TL) représentent plus que de la moitié de ces dépenses [Tar10].

Dans les opérations de TL, le camion est généralement consacré à un seul envoi entre une origine et une destination. Une réduction des coûts TL peut avoir ainsi un impact

important sur le coût total et la rentabilité des opérations des expéditeurs [Cha09] [CLAC+09]. C'est dans ce sens que s'inscrit la validation de notre modèle de confiance. Nous intégrons le modèle de confiance proposé dans le processus décisionnel utilisé par l'expéditeur afin de sélectionner les transporteurs appropriés avec le minimum de coût.

Par conséquent, nous considérons le contexte particulier des marchés de transport par camion (TL) dans lequel, un expéditeur a besoin qu'un ensemble de produits à transporter directement à partir d'un emplacement d'origine à des points de livraison. Dans la formulation de sa demande, cet expéditeur tend de prévoir ses besoins en transport pour une période à venir (un à trois ans) [She04][RM12]. Un ensemble de transporteurs en concurrence soumettent leurs propositions aux enchères combinatoires sous pli-scellé (un seul tour).

Le processus d'appel d'offres à un tour est le plus commun dans des ventes aux enchères de transport où les participants (l'expéditeur et l'ensemble des transporteurs) cherchent la simplicité et la vitesse [She04][RM12]. Plusieurs transporteurs sont invités à participer à l'enchère. L'expéditeur peut restreindre l'ensemble des transporteurs participants en se basant sur l'étape de la sélection pré-enchère tel que décrit dans [GRS95]. La pratique courante consiste à inclure la plupart des transporteurs titulaires ainsi qu'un petit nombre de nouveaux transporteurs [CS06].

2. Le Problème de Détermination du Vainqueur (PDV)

Au début de l'enchère, l'expéditeur communique ses demandes de transport sur le marché. Une demande est un appel d'offre de transport dans lequel l'expéditeur spécifie l'origine et les points de livraison (agrégés ou non), les fréquences de livraisons (tous les jours, semaines, mois) ainsi que d'autres informations concernant les conditions de transport ou les équipements spécifiques. [BN08][RM12]. Dans la suite, nous désignons par K l'ensemble de tous les contrats proposés de l'expéditeur et par A l'ensemble des transporteurs participants à l'enchère. En réponse aux demandes de l'expéditeur, chaque transporteur $a \in A$ soumet un ensemble de propositions $B(a)$ sur le marché. Chaque proposition $b \in B(a)$ est définie par le couple (K_b, BP_b) où K_b est l'ensemble de contrats que le transporteur a offre de servir ($K_b \subseteq K$) et BP_b le prix demandé pour servir tous ces contrats. Le problème de détermination du vainqueur (PDV) est alors consiste à déterminer l'ensemble des soumissions retenues et, par conséquent, les transporteurs vainqueurs.

2.1. La résolution classique du problème

Dans le cas classique, l'objectif de l'expéditeur est de déterminer les contrats des transporteurs vainqueurs tout en minimisant le prix de transport (BP_b) et en garantissant une couverture totale de tous les contrats. Un transporteur peut gagner plus qu'une proposition soumise. En outre, le contrat peut être couvert par plusieurs propositions gagnantes soumises par différents transporteurs [Nin06]. L'expéditeur est amené alors à choisir pour ce contrat le transporteur approprié à partir de l'ensemble des transporteurs gagnants couvrant ce même contrat [CGRM09]. Dans ce cas classique, le transporteur gagnant sera celui qui propose de servir le contrat avec le prix le plus bas.

La résolution du PDV classique (*P1 – Formule 1*) consiste à minimiser le prix de transport avec une contrainte de couverture totale de l'ensemble des contrats. Le PDV classique est modélisé en utilisant deux contraintes (*Formule 2*): la variable δ_{bk} et la variable x_b . La variable δ_{bk} est un paramètre constant défini pour chaque contrat k et pour chaque proposition b . Ce paramètre indique si la proposition b couvre le contrat k . Lorsque $k \in K_b$, δ_{bk} est égale à 1 sinon elle est égale à 0. Cette première contrainte permet de garantir que chaque contrat est couvert au moins une fois par les propositions des transporteurs. La variable binaire x_b , qui constitue une contrainte d'intégrité, est définie pour chaque proposition $b \in B(a)$, où B représente l'ensemble de toutes les propositions reçues. Cette variable est égale à 1 si la proposition est gagnante et est égale à 0 dans le cas contraire.

$$(P1): \min \sum_{a \in A} \sum_{b \in B(a)} BP_b x_b \quad (1)$$

$$\begin{cases} \sum_{b \in B} \delta_{bk} x_b \geq 1 \quad \forall k \in K, \\ x_b \in \{0,1\} \quad \forall b \in B. \end{cases} \quad (2)$$

La résolution de ce PDV classique nous assure que tous les transporteurs gagnants seront ceux qui ont proposé le minimum des prix de transport pour chaque contrat de l'offre. Cependant, cette résolution ne reflète pas les conditions réelles d'une enchère de transport. En effet, le prix de transport ne représente pas la totalité du coût de transport, mais une composante essentielle à prendre en considération [She04][CS06]. L'expéditeur devrait estimer le coût unitaire qu'il pourrait payer par rapport aux valeurs prises et qui considèrent différents attributs (le coût généré par le retard d'une journée, le coût généré par l'annulation d'une expédition ou le coût généré par le dommage causé à un produit d'une expédition) [She04][CS06][RM12]. L'évaluation des coûts estimés associés aux attributs pour chaque

contrat représente en elle-même un défi [She04]. Une approche basée sur des scénarios alternatifs conjoints et sur les coûts d'indemnisations pourrait être utilisée, en l'occurrence, pour l'évaluation des coûts estimés [MBL02][DMR05].

2.2. La résolution basée sur le modèle Rekik et Mellouli [RM12]

Dans le modèle proposé dans [RM12], l'expéditeur détermine les contrats des transporteurs vainqueurs par la minimisation du coût total de transport. Ce coût total constitue la somme des coûts de base (le prix à payer par l'expéditeur) [She04] avec des coûts *estimés* (une prévision concernant les coûts à payer par l'expéditeur après l'arrangement) [RM12]. Ces *coûts estimés*, appelés *coûts cachés* [RM12], peuvent varier d'un contrat à un autre selon le type de marchandises expédiées, l'importance du contrat ou le prix du contrat [CS06] [RM12]. Le calcul de ces coûts cachés estimés tient en considération un ensemble d'attributs, noté Ω .

Dans [RM12], les auteurs supposent que le coût estimé d'un attribut est attribué par expédition. A titre d'exemple, la valeur du coût estimé d'une journée pour l'attribut retard de livraison signifie que, en moyenne, l'expéditeur estimerait que le transporteur fera un retard d'une journée par expédition durant toute la livraison. Le coût caché estimé $HC_{k,\omega}$ correspond ainsi aux frais estimés d'un attribut $\omega \in \Omega$ pour un contrat $k \in K$. Le coût caché estimé HC_k pour tout le contrat k représente la somme de tous les coûts cachés estimés de tous les attributs définis par l'expéditeur [RM12]:

$$HC_k = \sum_{\omega \in \Omega} HC_{k,\omega} \quad (3)$$

Le *coût caché estimé* HC_b associé à une proposition $b=(K_b, BP_b)$ est la somme des coûts cachés estimés des contrats de la proposition b (K_b) :

$$HC_b = \sum_{k \in K_b} HC_k \quad (4)$$

Rekik et Mellouli ont proposé d'utiliser, dans leur résolution de problème de détermination de transporteur vainqueur, la réputation des transporteurs [RM12]. Ce type de réputation permet d'aider l'expéditeur dans son choix du transporteur à travers le calcul des coûts cachés par transporteur, noté HC_{ab} . Ce coût représente le coût caché de la proposition b basé sur la réputation du transporteur a . Ainsi le PDV (*P2- Formule 5*) associé à [RM12] est définie comme suit :

$$(P2) : \min \sum_{a \in A} \sum_{b \in B(a)} (BP_b + HC_{ab})x_b \quad (5)$$

$$\begin{cases} \sum_{b \in B} \delta_{bk} x_b \geq 1 \quad \forall k \in K, \\ x_b \in \{0,1\} \quad \forall b \in B. \end{cases}$$

La résolution de ce PDV permet de sélectionner l'ensemble des transporteurs produisant le minimum de coûts totaux pour chaque contrat de l'appel d'offre. Cependant, l'analyse de la manière utilisée pour calculer le degré de réputation montre que les auteurs n'ont pas pris en considération toutes les entités (la réputation directe, la réputation indirecte et la différence de croyances) et tous les paramètres (le domaine de négociation, le temps de l'arrangement, le poids de l'arrangement, le degré d'importance et le degré de fiabilité) de confiance identifiés dans le précédent chapitre. En effet, seule la réputation directe influencée par le paramètre temps a été utilisée dans ce cadre [RM12]. De ce fait, nous estimons que ce type de résolution ne reflète pas les conditions réelles de l'environnement de négociation.

2.3. La résolution basée sur le modèle de confiance proposé

Pour la résolution du problème envisagé dans ce travail, nous utilisons, à l'instar de [RM12], le concept des coûts estimés pour la détermination des transporteurs vainqueurs. Ainsi, l'objectif de l'expéditeur consistera à déterminer les contrats des transporteurs vainqueurs par la minimisation du coût total de transport (la somme du prix de base (BP_b) et des coûts estimés (HC_b)) qui sont fonction du degré de confiance des transporteurs. Notre résolution sera plus réaliste que celle proposée dans [RM12] vu que nous y regroupons toutes les entités et tous les paramètres identifiés pour évaluer la confiance. Notre PDV (P3 – Formule 6) est défini comme suit :

$$(P3) : \min \sum_{a \in A} \sum_{b \in B(a)} ((BP_b + HC_b) (1 - Conf^{ai}(a_j)))x_b \quad (6)$$

$$\begin{cases} \sum_{b \in B} \delta_{bk} x_b \geq 1 \quad \forall k \in K, \\ x_b \in \{0,1\} \quad \forall b \in B. \end{cases}$$

L'ajout de « 1 » dans la fonction objectif de P3 permet de réduire la somme des coûts de transport lorsque le transporteur à évaluer représente un transporteur de confiance (degré de confiance élevé). Il permet aussi d'augmenter la somme des coûts de transport lorsque le transporteur à évaluer est un transporteur non crédible (degré de confiance faible). Nous proposons aussi deux autres PDVs. Le premier PDV (P4 – Formule 7) est associé à la détermination des transporteurs vainqueurs en fonction de la somme des coûts totaux

influencée par l'entité de la réputation directe de notre modèle de confiance. Le deuxième PDV (*P5 – Formule 8*) est associé à la sélection des transporteurs selon la somme des coûts totaux fonction de l'entité de la réputation indirecte. Nous ajoutons ces deux PDV pour évaluer l'importance de chacune des entités de confiance proposées.

$$(P4) : \min \sum_{a \in A} \sum_{b \in B(a)} ((BP_b + HC_b) (1 - R_d^{a_i}(a_j))) x_b \quad (7)$$

$$(P5) : \min \sum_{a \in A} \sum_{b \in B(a)} ((BP_b + HC_b) (1 - R_{ind}^{a_i}(a_j))) x_b \quad (8)$$

Nous avons définie, dans cette partie, cinq PDVs relatifs aux cinq scénarios utilisés dans la sélection des transporteurs en fonction : 1) du prix de base proposé dans leur proposition (*P1- Formule 1*), 2) de la somme du prix de base et de ses coûts cachés calculés à partir du modèle Rekik et Mellouli [RM12] (*P2 – Formule 5*), 3) de la somme du prix de base et de ses coûts cachés influencés par la réputation directe (*P4 – Formule 7*), 4) de la somme du prix de base et de ses coûts cachés dépendants de la réputation indirecte (*P5 – Formule 8*) et 5) de la somme du prix de base et de ses coûts cachés influencés par le degré de confiance englobant les trois entités de confiance (*P3 – Formule 6*).

Nous implémentons les cinq PDVs pour montrer premièrement l'utilité et l'impact du degré de confiance dans la détermination du transporteur vainqueur et pour évaluer deuxièmement l'utilité de chaque entité de confiance (la réputation directe, la différence de croyances et la réputation indirecte) séparément dans le processus de détermination des vainqueurs de l'enchère.

3. Le paramétrage des PDVs

Un grand nombre d'instances ayant des caractéristiques particulières est généré aléatoirement. Ces caractéristiques sont contrôlées par un ensemble de paramètres, y compris la taille du problème (le nombre de propositions, le nombre de contrats, le nombre de transporteurs), la taille du contrat (le nombre d'expéditions, le prix, etc.) et la confiance des transporteurs (le nombre de recommandations des expéditeurs témoins, le nombre d'arrangements historiques avec les transporteurs, etc.).

Leyton-Brow *et al.* dans [LPS00] ont développé un kit appelé CATS pour la génération des instances d'enchères combinatoire dans une situation de transport. Nous utilisons ce

générateur comme une boîte noire dans laquelle nous passons comme entrée le nombre de contrat ($|K|$), le nombre de propositions reçues ($|B|$), le nombre de recommandations reçues des expéditeurs témoins ($|R|$) et le nombre des arrangements historiques conclus avec les transporteurs ($|H|$). Trois combinaisons sont à considérer : $(|K|, |B|, |R|, |H|) = (20, 100, 200, 500)$, $(|K|, |B|, |R|, |H|) = (40, 120, 250, 600)$ et $(|K|, |B|, |R|, |H|) = (60, 180, 300, 700)$. Les transporteurs participants seront distribués d'une manière aléatoire sur les contrats, sur les propositions, sur les recommandations et sur les historiques. Le nombre de ces transporteurs ($|A|$), est aussi un entier naturel choisi d'une manière aléatoire de l'intervalle $[\frac{|B|}{5}, \frac{|B|}{10}]$. Pour chacune de ces trois combinaisons, nous supposons deux contextes d'enchères faisant en tout six contextes. Pour chaque enchère, un nombre de transporteurs est généré aléatoirement.

Pour les six contextes d'enchère envisagés, le degré de confiance du transporteur $a \in A$ est calculé à partir des trois entités : la réputation directe, la réputation indirecte et la différence de croyances. Chaque entité est pondérée par un poids paramétrable par l'expéditeur au début de la résolution de l'enchère. La somme de ces poids est égale à 1. Le calcul de ces trois entités est basé sur les cinq paramètres de confiance identifiés dans le chapitre précédent (le domaine de négociation, le poids de l'arrangement, le temps de l'arrangement, le degré d'importance et le degré de fiabilité). Ces différents paramètres sont calculés à partir d'un ensemble de variables à partir de notre modèle de confiance. Dans la suite, nous présentons toutes les variables nécessaires pour le calcul des paramètres de confiance. Ces paramètres ont été générés aléatoirement pour chaque combinaison d'enchère $(|K|, |B|, |A|, |R|, |H|)$.

3.1. La sélection des variables pour la réputation directe

Sur la base notre modèle de confiance, la réputation directe utilise quatre paramètres de confiance dans son calcul à savoir : 1) le temps de l'arrangement, 2) le poids de l'arrangement, 3) le domaine de négociation et 4) le degré de fiabilité. Chacun de ces paramètres nécessite à son tour un ou plusieurs variables à générer pour son calcul. Ces variables appartiennent aux historiques des arrangements (H) et à l'ensemble des données personnelles de l'expéditeur, noté par E .

Pour le premier paramètre du temps, chaque arrangement $h \in H$ est défini avec une période. La valeur de cette période (une variable appartenant à H), dans laquelle

l'arrangement a été conclu, est générée aléatoirement à partir de l'intervalle [1,10] (par exemple un arrangement, avec une période égale à 2, est un arrangement qui a été conclu deux ans en arrière) [BM02]. Le deuxième paramètre « le poids de l'arrangement » est calculé en fonction du rendement global de l'expéditeur par période (une variable appartenant à E) et du rendement de l'arrangement (une variable appartenant à H). Pour le rendement global par période, il a été sélectionné aléatoirement à partir de l'intervalle [10,40] (par exemple la valeur 30 indique que l'expéditeur a tiré profit de 30 millions de dinars dans une période donnée) [MLG02][Mol10]. Le rendement de l'arrangement historique est choisi aléatoirement de l'intervalle [2,6] (la valeur 3 montre que l'expéditeur a tiré bénéfice de 3 millions de dinars dans cet arrangement) [MLG02][Nan06][Mol10].

Le troisième paramètre du domaine de négociation de l'arrangement conclu. En pratique, ce paramètre est introduit manuellement par l'expéditeur. Dans notre cas, il (appartenant à H) est sélectionné aléatoirement à partir de l'intervalle [0.3,0.9] [Win79] [BN08]. Pour le degré de fiabilité, l'expéditeur fixe au début de l'enchère le nombre d'arrangements acceptables (une variable appartenant à E) pour avoir un bon jugement. Dans notre test, cette variable est générée aléatoirement à partir de l'intervalle [5,10] [MBL02] [DMR05].

La réputation directe d'un transporteur dépend également des historiques des arrangements satisfaisants et non satisfaisants conclus avec ce même transporteur. Ainsi, chaque arrangement historique $h \in H$ est caractérisé par son transporteur en question et le degré de satisfaction. Le transporteur est sélectionné aléatoirement à partir de l'ensemble des transporteurs participants A . Le degré de satisfaction (variable appartenant à H) est ainsi généré aléatoirement à partir de l'intervalle [0,1] [DSW11].

En somme, le calcul de la réputation directe a nécessité la génération de cinq variables de l'historique des arrangements (la période, le rendement, le domaine de négociation, le degré de satisfaction et le transporteur) et deux variables propres à l'expéditeur (le rendement global par période et le nombre d'arrangements acceptables). Nous avons généré aléatoirement une combinaison de ces différentes variables pour chaque arrangement historique.

3.2. La sélection des variables pour la réputation indirecte

La réputation indirecte d'un transporteur est calculée à partir des recommandations envoyées par les expéditeurs témoins. Cette entité se base sur trois paramètres de confiance qui sont : 1) le temps de l'arrangement, 2) le degré fiabilité et 3) le degré d'importance. Ces paramètres utilisent une série de variables appartenant à l'ensemble des recommandations (R) et à l'ensemble des données personnelles de l'expéditeur (E). Chaque recommandation reçue $r \in R$ est caractérisée par une période dans laquelle la recommandation a été faite. Cette période est utilisée dans le calcul du premier paramètre du temps. Elle est générée aléatoirement à partir de l'intervalle spécifique à la période [1,10] [BM02].

Pour le calcul du degré de fiabilité, nous suivons la même logique utilisée dans le calcul du degré de fiabilité des arrangements. L'expéditeur fixe dès le début de l'enchère un seuil d'acceptation et l'enregistre dans sa base d'information personnelle (E). Dans notre cas, le seuil d'acceptation des recommandations est généré aléatoirement de la même façon et à partir du même intervalle [5,10] que le nombre des arrangements acceptables.

Les valeurs du degré d'importance du transporteur témoin et de sa réputation directe par rapport à l'expéditeur témoin seront envoyées par l'expéditeur témoin dans sa recommandation. Dans notre test, le degré d'importance est généré aléatoirement à partir de l'intervalle [0.5,1.0] [MBL02][BM02]. La réputation du transporteur cible par rapport à l'expéditeur témoin émetteur de la recommandation est générée aléatoirement à partir de l'intervalle [0.2,1.0] [MDH97] [DMR05].

La réputation indirecte a ainsi utilisé une variable de l'ensemble des données personnelles E (le seuil d'acceptation des recommandations) et quatre variables de l'ensemble des recommandations (la période, le transporteur cible sélectionné aléatoirement à partir de l'ensemble des transporteurs participants A , le degré d'importance et la réputation directe du transporteur cible par rapport à l'expéditeur témoin).

3.3. La sélection des variables pour la différence des croyances

Chaque contrat $k \in K$ est défini par trois attributs liés à l'expédition [DMR05][RM12] à savoir le retard (ω_1), les dommages (ω_2) et l'annulation (ω_3). La différence des croyances est calculée à partir de la distance entre les valeurs observées des trois attributs (les valeurs des contrats courants reçus des transporteurs) et leurs valeurs estimées (les croyances fixées par

l'expéditeur au début de l'enchère et enregistrées dans sa base d'informations personnelles E). Pour le retard de l'expédition, nous avons généré au niveau de chaque transporteur, une valeur de l'intervalle $[0.0,1.5]$ [DMR05][RM12]. Cette valeur représente, pour chaque transporteur, la moyenne des retards par jour des expéditions.

La croyance de l'expéditeur concernant le retard, est générée aléatoirement à partir du même intervalle du retard observé. Le dommage est modélisé par un pourcentage des expéditions endommagées par le transporteur. La valeur de cet attribut qui est observée (pour le transporteur) et estimée (la croyance de l'expéditeur) est générée aléatoirement à partir de l'intervalle $[0.0,0,3\%]$ [RM12]. De la même façon, l'attribut annulation représente le pourcentage d'annulation enregistré vis-à-vis du transporteur. La valeur observée et estimée de cet attribut est générée aléatoirement à partir de l'intervalle $[0.0,0,5\%]$ [RM12].

3.4. La sélection des variables pour le calcul du prix de base d'une proposition et des coûts cachés fixes

La résolution du problème de détermination du transporteur vainqueur est réalisée en fonction des prix de base des propositions et des coûts cachés estimés. Nous avons adopté tous les intervalles utilisés dans [RM12] pour la génération aléatoire des données spécifiques au prix de base et aux coûts cachés. Pour chaque combinaison d'enchère $(|K|, |B|, |A|, |R|, |H|)$ et pour chaque contrat $k \in K$, nous assignons aléatoirement un nombre d'expéditions n_k appartenant à l'intervalle $[1,52]$ (52 le nombre de semaines par année) [RM12].

Nous supposons également que pour chaque contrat $k \in K$, l'expéditeur a une information concernant le coût d'une journée de retard par expédition, les coûts supportés si un ou plusieurs produits d'une expédition donnée sont endommagés ou perdus et les coûts encourus si l'expédition est annulée. Afin de générer ces coûts, nous avons besoin d'estimer le prix maximum que l'expéditeur est prêt à payer pour chaque contrat et que nous nommons le prix de réserve. Pour la cohérence des données, les prix de réserve des contrats sont générés par respect des prix de propositions soumis durant l'enchère. Formellement, si une proposition simple (constituée d'un seul contrat), notée $b = (\{k\}, BP_b)$, est proposée pour un contrat k ; son prix de réserve est calculé comme suit : $R_k = \rho_k BP_k$, où ρ_k est un paramètre généré de façon aléatoire à partir de l'intervalle $[1.5, 2]$ [RM12]. Si aucune proposition simple n'existe pour le contrat k , alors une proposition combinatoire, notée $b = (K_b, BP_b)$, couvrant le

contrat k , est aléatoirement sélectionnée et le prix de réserve R_k fixé comme suit : $R_k = \rho_k \frac{BP_k}{|K_b|}$ [RM12].

Pour les instances considérées dans cette étude, les coûts associés à un contrat $k \in K$ et les trois attributs ω_1 (les retards), ω_2 (les dommages) et ω_3 (les annulations) sont générés aléatoirement en fonction du prix de réserve R_k comme suit (ces coûts sont fournis dans le contrat par expédition) :

- $C_{k\omega_1} = \gamma_1 \left(\frac{R_k}{n_k} \right)$, avec γ_1 est généré aléatoirement à partir de l'intervalle $[0.1, 0.2]$. Inspirés par les résultats obtenus dans [DMR05], nous supposons que le coût d'un retard d'une journée d'une expédition pour un contrat se situe entre 10% et 20% de sa valeur (donnée par le prix de réserve associé à l'expédition R_k/n_k) [DMR05][RM12].
- $C_{k\omega_2} = \gamma_2 \left(\frac{R_k}{n_k} \right)$, avec γ_2 généré aléatoirement à partir de l'intervalle $[1, 1.5]$. Ce coût représente le coût supporté par l'expéditeur lorsque l'expédition du contrat est perdue ou endommagée. Ce coût est au moins égal au prix de réserve, mais ne dépasse pas les 1.5 fois du prix de réserve [RM12].
- $C_{k\omega_3} = \left(\frac{R_k}{n_k} \right) - I_k$, avec I_k représente l'indemnité reçue par l'expéditeur en cas d'annulation de l'expédition dans le contrat k . Cette indemnité est calculée comme suit : $I_k = \gamma_3 \left(\frac{R_k}{n_k} \right)$, avec γ_3 est généré aléatoirement à partir de l'intervalle $[0.25, 0.75]$. Nous supposons que lorsque l'expédition d'un contrat est annulée, l'expéditeur reçoit une indemnité du transporteur qui varie entre 25% et 75% de sa valeur. L'expéditeur doit trouver un nouveau transporteur pour cette expédition. Nous supposons que l'expéditeur devrait accepter un prix égal au prix de réserve de l'expédition R_k/n_k pour un nouveau transporteur disponible et qui peut servir cette expédition annulée.

Pour chacun des contextes d'enchères, nous avons généré de façon aléatoire 100 instances telles que décrites ci-dessus pour un total de 600 instances dans les six contextes.

4. Les résultats expérimentaux

L'implémentation de l'architecture multi-agents est faite en utilisant la plateforme multi-agents générique Madkit (Multi Agent Development Kit), conçue sur le langage Java. Pour la résolution des différentes instances générées aléatoirement, la formulation des cinq PDVs a été implémentée en C++ pour l'utilisation de l'algorithme « *Branch-and-Bound* » du solveur CPLEX 12.1 32 bits (avec ses paramètres par défaut). La communication entre les deux modules (en Java et en C++) est possible sur la plateforme Madkit par l'usage de l'interface native java JNI (Java Native Interface) qui permet de développer des agents et des modules écrits en C++ dans la plateforme Madkit. Les tests ont été effectués sur une machine possédant un processeur Intel Core 2 Duo 3.00 GHz ainsi qu'une mémoire vive RAM 4.00Go.

Cette partie a pour objectif d'étudier l'apport de l'utilisation du degré de confiance et de ces entités par rapport à la résolution classique et à la résolution dans [RM12]. Nous avons ainsi généré les résultats de cinq scénarios : 1) les transporteurs sont sélectionnés en se basant uniquement sur les prix de base qu'ils proposent (*scénario 1 – P1*), 2) les transporteurs sont sélectionnés en fonction de leurs prix de base proposés ainsi que de leurs réputations directes calculées [RM12] (*scénario 2 – P2*), 3) les transporteurs sont sélectionnés en fonction de leurs prix de base et de leurs réputations directes calculées en référence à notre modèle de confiance (*scénario 3 – P4*), 4) les transporteurs sont sélectionnés à partir de leurs prix de base et leurs réputations indirectes calculées et 5) les transporteurs sont sélectionnés en fonction de leurs prix de base proposés ainsi que de leurs degrés de confiance calculés par notre modèle de confiance proposé.

Dans l'exposition des résultats des cinq scénarios, nous procédons en deux étapes. Premièrement, nous présentons toutes les valeurs (des prix de base, des coûts estimés, des coûts totaux de transport) engendrées par les différents scénarios au niveau des six contextes. Les différentes valeurs générées seront comparées. Deuxièmement, nous mesurons le pourcentage des gains économiques réalisés lorsque nous utilisons le cinquième scénario à savoir du degré de confiance par rapport aux autres scénarios.

4.1. Les valeurs générées

Le tableau III.1 résume les résultats obtenus à partir des instances générées. Pour chaque scénario, nous présentons une série de moyennes concernant les transporteurs vainqueurs des 100 instances. Ces moyennes sont calculées pour les prix de base, les coûts cachés de l'annulation, les coûts cachés estimés du dommage, les coûts cachés estimés du retard ainsi que les coûts totaux (la somme du prix de base et des trois coûts cachés estimés).

Tableau III-1 : Le résumé des résultats expérimentaux des cinq scénarios

Contexte (K , B , A , R , H)	Scénario	Moyennes des résultats				
		prix de base	coût caché estimé de l'annulation	Coût caché estimé du dommage	coût caché estimé du retard	Total
(20, 100, 10, 200, 500)	1	93508	-127708	210475	25121	201396
	2	96239	-132102	218621	24935	207693
	3	99831	-132390	209349	26045	202835
	4	93742	-126829	218370	26119	211402
	5	95686	-131616	217085	25871	207026
(20, 100, 20, 200, 500)	1	94087	-121134	201181	24257	198391
	2	96989	-126537	210493	25329	206274
	3	101407	-135462	225064	27118	218127
	4	95480	-123492	205203	24665	201856
	5	96771	-125781	200918	25007	196915
(40, 120, 12, 250, 600)	1	121596	-148555	255619	29989	258649
	2	124258	-151310	249192	30835	252975
	3	132607	-167885	279677	33972	278371
	4	122026	-150847	252013	30420	253612
	5	124449	-155491	259810	31575	260343
(40, 120, 24, 250, 600)	1	121053	-141004	249411	28671	258131
	2	124009	-145817	248816	28643	255651
	3	122433	-144706	246039	29244	253010
	4	133362	-154849	277996	30130	286639
	5	123507	-160897	245647	28656	236913
(60, 180, 18, 300, 700)	1	144269	-191156	328132	39595	320840
	2	148048	-194628	325903	39450	318773
	3	145475	-195388	325709	39458	315254
	4	160881	-196352	354234	40087	358850
	5	147434	-212297	319131	39540	293808
(60, 180, 36, 300, 700)	1	143340	-180737	299103	35694	297400
	2	147023	-185235	306260	36486	304534
	3	145741	-199702	318870	36842	301751
	4	162193	-186912	300466	39495	315242

	5	147370	-187714	298895	36955	295506
--	---	--------	---------	--------	-------	--------

D'après le tableau ci-dessus, toutes les solutions générées dans les six contextes par le premier scénario présentent les prix de base les plus faibles par rapport aux quatre autres scénarios. Ce résultat est tout à fait logique puisque ce premier scénario sélectionne ses transporteurs vainqueurs uniquement à partir de la minimisation des prix de base. Cependant, l'estimation des coûts cachés de transport induit, que dans le premier contexte, 16% seulement de toutes les instances générées par le premier scénario avaient les minimums des coûts totaux de transport. Nous pouvons ainsi conclure que le prix de base n'est pas le seul critère à utiliser lors de la détermination du transporteur vainqueur. Cette conclusion renvoie à la question suivante :

Est-ce que le minimum des coûts de transport est en relation directe avec le nombre des critères utilisés dans la détermination du transporteur ?

Pour répondre à cette question, nous suivons une logique incrémentale dans la comparaison entre les scénarios restants. Les scénarios 2 et 3 utilisent la réputation directe dans la sélection des transporteurs. La différence entre les deux scénarios réside dans le fait que le scénario 3 considère et intègre plus de paramètres de confiance dans son calcul de la réputation directe que le scénario 2. Si notre hypothèse est correcte, nous aurons plus de valeurs minimales dans le troisième scénario que dans le deuxième. Le troisième scénario est *gagnant* par rapport au deuxième (scénario 3 contre scénario 2) dans 66,5% des contextes à savoir (*Tableau III.1*) les contextes 1 (202835 contre 207693), 4 (253010 contre 255651), 5 (315254 contre 318773), et 6 (301751 contre 304534).

Nous comparons aussi le cinquième scénario avec le scénario gagnant de la première comparaison (scénario 3) et pour plus de confirmation, nous comparons aussi le cinquième scénario avec le scénario perdant (scénario 2). Ces deux comparaisons sont nécessaires pour la validation de notre hypothèse puisque le cinquième scénario représente le scénario qui utilise le plus de paramètres. Dans la première comparaison (5 contre 3), les résultats montrent que le cinquième scénario est gagnant à 84% des cas c'est-à-dire dans cinq contextes sur six qui sont les contextes 2 (196915 contre 218127), 3 (260343 contre 278371), 4 (236913 contre 253010), 5 (293808 contre 315254), et 6 (295506 contre 301751). Dans la deuxième

comparaison (5 contre 2), le cinquième scénario est gagnant aussi à 84% soit cinq contextes sur six.

Première Conclusion : *Plus on considère de paramètres dans la détermination des transporteurs plus on obtiendra des coûts de transport faibles.*

D'après les résultats ci-dessus, même si l'expéditeur paye plus au niveau du prix de base, il peut établir des économies concrètes au niveau de la qualité de service et du coût total de transport.

Le tableau III.1 montre une autre relation entre les résultats issus d'une analyse directe (la réputation directe) et les résultats issus d'une analyse indirecte (la réputation indirecte). Le premier type de résultats est observé au niveau du deuxième et troisième scénario. En effet, ces deux derniers se basent sur les historiques directs (les arrangements) entre l'expéditeur et les transporteurs pour générer leurs solutions. A l'opposé, le quatrième scénario qui représente le deuxième type de résultat se base sur les recommandations envoyées par les expéditeurs témoins. Ainsi cette relation permet de nous donner une idée sur le poids à accorder pour les deux entités de confiance (directe et indirecte). Les résultats montrent que l'analyse directe (troisième scénario) est gagnante par rapport à l'analyse indirecte (quatrième scénario) dans 67% des cas et au niveau de toutes les instances générées (quatre contextes sur six).

Deuxième Conclusion : *L'analyse des données directes est plus crédible que l'analyse des données indirectes. Dans le calcul du degré de confiance, plus de poids doit être accordé à la confiance directe.*

Le tableau III.2 expose les moyennes des trois totaux relatifs aux instances générées au niveau des six contextes. Le premier coût total de transport représente la somme du prix de base proposé et des différents coûts cachés estimés (le même coût total du tableau II.1). Le deuxième total est calculé en fonction du degré de confiance.

Tableau III-2 : Comparaison des Totaux des cinq scénarios

Contexte (K , B , A , R , H)	Scénario	Moyennes des résultats	
		Total	Total calculé en fonction du degré de confiance
(20, 100, 10, 200, 500)	1	201396	185592
	2	207693	191180
	3	202835	194895
	4	211402	184356
	5	207026	184172
(20, 100, 20, 200, 500)	1	198391	185662
	2	206274	184989
	3	218127	178197
	4	201856	176856
	5	196915	176741
(40, 120, 12, 250, 600)	1	258649	220586
	2	252975	229246
	3	278371	212211
	4	253612	214583
	5	260343	210804
(40, 120, 24, 250, 600)	1	258131	214890
	2	255651	228211
	3	253010	213358
	4	286639	211046
	5	236913	211003
(60, 180, 18, 300, 700)	1	320840	296183
	2	318773	298616
	3	315254	294072
	4	358850	294924
	5	293808	292566
(60, 180, 36, 300, 700)	1	297400	264913
	2	304534	276772
	3	301751	260733
	4	315242	264552
	5	295506	260032

La troisième colonne du tableau III.2 (le coût de transport) montre une répartition des trois scénarios gagnants dans les six contextes générés à savoir : 1) le premier scénario qui est seulement gagnant dans un premier contexte, 2) le deuxième scénario qui est uniquement gagnant dans le troisième contexte, et 3) le cinquième scénario gagnant dans les quatre contextes restants.

L'analyse des deux dernières colonnes du tableau ci-dessus montre un changement dans le scénario gagnant. Ce changement est observé au niveau du premier contexte (du scénario 1 vers le scénario 5) et au niveau du troisième contexte (du scénario 2 vers le scénario 5) et il est dû à la prise en compte du degré de confiance dans la détermination du transporteur vainqueur. Si nous reprenons la fonction objectif du cinquième scénario $((P3) : \min \sum_{a \in A} \sum_{b \in B(a)} ((BP_b + HC_b) (1 - Conf^{a_i}(a_j))) x_b)$, nous avons expliqué que l'ajout de « 1 » dans la fonction permet de réduire le coût total de transport lorsque le transporteur présente un degré de confiance élevé et il permet d'augmenter la valeur de ce coût lorsque le degré de confiance du transporteur est faible.

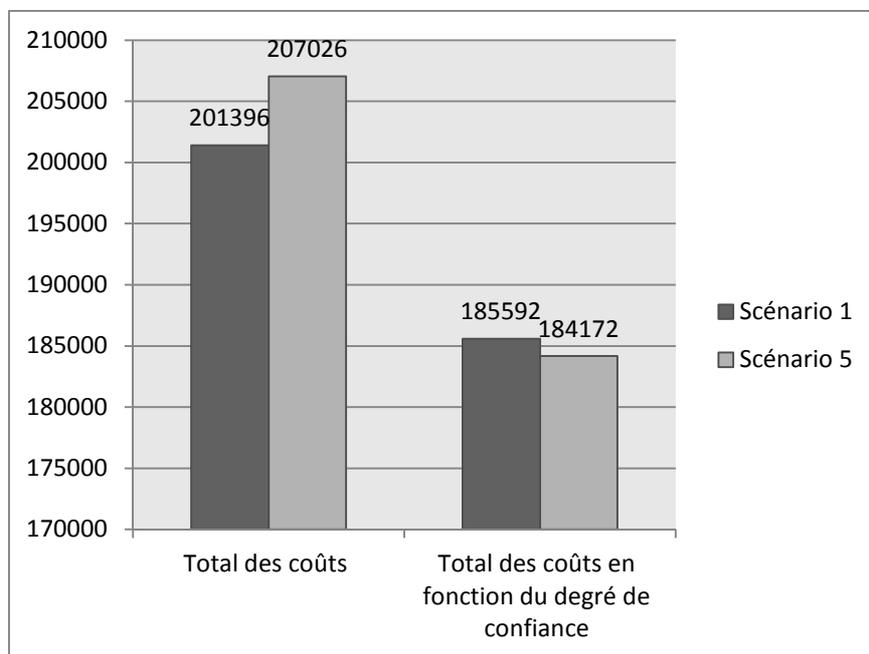


Figure III.1: Le coût de la non-confiance

La figure III.1 révèle une augmentation du coût de transport du premier scénario par rapport au cinquième scénario. Cette augmentation représente le coût de l'absence de confiance envers les transporteurs vainqueurs du premier scénario.

Troisième Conclusion : *les transporteurs, ayant un faible niveau de confiance, peuvent engendrer des coûts de transport supplémentaires par rapport aux transporteurs de confiance. Ces coûts supplémentaires représentent les coûts de la non-confiance.*

4.2. Les gains d'économie

Nous réalisons à présent une étude comparative des pourcentages des résultats générés entre le cinquième scénario basé sur le degré de confiance et les quatre autres scénarios (1 à 4). Cette étude a pour objectif de montrer les gains économiques engendrés lorsque l'expéditeur utilise le degré de confiance dans son processus décisionnel.

Le tableau III.3 présente les pourcentages des moyennes des résultats générées par les quatre scénarios (1 à 4) par rapport aux résultats générées par le cinquième scénario. Nous avons utilisé la formule de la variance carrée pour calculer le pourcentage de la moyenne relative. La formule 9 explicite le pourcentage relatif au prix de base BP_b :

$$MBP_b = \left(\frac{(BP_{b5} - BP_{bi})}{BP_{b5}} \right) * 100 \quad (9)$$

avec BP_{bi} le prix de base de la proposition b au niveau du scénario i ,
 $i \in [1, 4]$

Les pourcentages des coûts cachés estimés et du coût total de transport sont calculés en suivant la même formule. Selon la valeur du pourcentage, nous pouvons déterminer si le cinquième scénario a engendrer un gain ou au contraire une perte économique par rapport aux quatre autres scénarios. Un gain est observé lorsque la valeur du pourcentage est négative.

Tableau III-3 : Comparaison des scénarios (1, 2, 3 et 4) avec le modèle de confiance proposé (scénario 5)

Contexte (K , B , A , R , H)	Scénario	Moyennes Relatives des résultats				
		prix de base	coût caché estimé de l'annulation	Coût caché estimé du dommage	coût caché estimé du retard	Total
(20, 100, 10, 200, 500)	1	2,28%	2,97%	3,04%	2,90%	2,72%
	2	-0,58%	-0,37%	-0,71%	3,62%	-0,32%
	3	-4,33%	-0,59%	3,56%	-0,67%	2,02%
	4	2,03%	3,64%	-0,59%	-0,96%	-2,11%
(20, 100, 20, 200, 500)	1	2,77%	3,69%	-0,13%	3,00%	-0,75%
	2	-0,23%	-0,60%	-4,77%	-1,29%	-4,75%
	3	-4,79%	-7,70%	-12,02%	-8,44%	-10,77%
	4	1,33%	1,82%	-2,13%	1,37%	-2,51%
(40, 120, 12, 250, 600)	1	2,29%	4,46%	1,61%	5,02%	0,65%
	2	0,15%	2,69%	4,09%	2,34%	2,83%
	3	-6,56%	-7,97%	-7,65%	-7,59%	-6,92%
	4	1,95%	2,99%	3,00%	3,66%	2,59%
(40, 120, 24, 250, 600)	1	1,99%	12,36%	-1,53%	-0,05%	-8,96%

	2	-0,41%	9,37%	-1,29%	0,05%	-7,91%
	3	0,87%	10,06%	-0,16%	-2,05%	-6,79%
	4	-7,98%	3,76%	-13,17%	-5,14%	-20,99%
(60, 180, 18, 300, 700)	1	2,15%	9,96%	-2,82%	-0,14%	-9,20%
	2	-0,42%	8,32%	-2,12%	0,23%	-8,50%
	3	1,33%	7,96%	-2,06%	0,21%	-7,30%
	4	-9,12%	7,51%	-11,00%	-1,38%	-22,14%
(60, 180, 36, 300, 700)	1	2,73%	3,72%	-0,07%	3,41%	-0,64%
	2	0,24%	1,32%	-2,46%	1,27%	-3,06%
	3	1,11%	-6,39%	-6,68%	0,31%	-2,11%
	4	-10,06%	0,43%	-0,53%	-6,87%	-6,68%

D'après nos conclusions, le cinquième scénario procure des gains économiques par rapport aux quatre autres scénarios. Le tableau III.3 révèle, en général, des gains dans tous les contextes sauf dans le troisième : 1) premier contexte (50% gagnant) : un gain par rapport au deuxième et au quatrième scénario et une perte par rapport aux deux autres, 2) deuxième contexte (100% de gagnant), 3) troisième contexte (25% gagnant) : un gain par rapport au troisième scénario et une perte par rapport aux trois autres, 4) quatrième contexte (100% de gagnant), 5) cinquième contexte (100% de gagnant) et 6) sixième contexte (100% de gagnant). Globalement, les pourcentages de gain de transport par rapport aux quatre scénarios varient entre **0,32%** et **22,14%** :

- Premier Scénario : un gain entre **0,64%** (contexte 6) et **9,20%** (contexte 5)
- Deuxième Scénario : un gain entre **0,32%** (contexte 1) et **8,50%** (contexte 5)
- Troisième Scénario : un gain entre **2,11%** (contexte 6) et **10,77%** (contexte 2)
- Quatrième Scénario : un gain entre **2,11%** (contexte 1) et **22,14%** (contexte 5)

Dans le tableau III.4, nous continuons notre présentation des pourcentages des gains économiques engendrés par le cinquième scénario au détriment des quatre autres scénarios. Nous y exposons les valeurs minimales et les valeurs maximales de gain obtenus dans toutes les variables (les prix de base, les coûts estimés et les coûts totaux de transport) à travers les 600 instances générées. Nous adoptons la formule du tableau précédent (la variance carrée) pour calculer les valeurs minimales et les valeurs maximales de gain.

Tableau III-4 : Minimum et Maximum d'économie du modèle de confiance (scénario 5) par rapport aux scénarios (1 à 4)

Contexte (K , B , A , R , H)	Scénario	Economie									
		prix de base		coût caché estimé de l'annulation		Coût caché estimé du dommage		coût caché estimé du retard		Total	
		Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
(20, 100, 10, 200, 500)	1	9,68%	0,00%	49,61%	-41,48%	46,97%	-37,97%	45,20%	-39,91%	30,12%	-16,89%
	2	4,54%	-6,96%	31,41%	-58,09%	30,06%	-50,30%	31,11%	-51,45%	21,96%	-28,22%
	3	4,27%	-15,2%	30,90%	-45,96%	32,91%	-45,40%	29,73%	-47,06%	16,96%	-30,03%
	4	8,89%	-0,68%	30,36%	-41,93%	29,83%	-39,38%	30,97%	-38,39%	21,96%	-24,63%
(20, 100, 20, 200, 500)	1	8,68%	0,00%	30,09%	-44,29%	30,87%	-38,59%	31,42%	-42,95%	21,57%	-13,44%
	2	4,68%	-5,86%	36,35%	-51,97%	34,96%	-41,22%	33,20%	-52,76%	17,75%	-16,34%
	3	3,91%	-15,2%	28,69%	-92,30%	21,91%	-92,59%	23,33%	-99,15%	11,47%	-40,65%
	4	6,97%	-3,97%	28,35%	-35,95%	26,86%	-26,97%	26,78%	-30,54%	19,95%	-12,36%
(40, 120, 12, 250, 600)	1	6,66%	0,00%	40,97%	-35,48%	39,99%	-32,55%	50,42%	-41,60%	19,70%	-14,83%
	2	5,23%	-5,88%	37,04%	-67,87%	38,03%	-62,93%	37,92%	-60,97%	22,07%	-32,35%
	3	1,74%	-28,6%	22,94%	-47,07%	22,29%	-54,15%	24,20%	-55,32%	12,26%	-47,61%
	4	6,31%	-0,54%	25,02%	-49,44%	24,51%	-42,00%	25,83%	-34,55%	15,84%	-16,34%
(40, 120, 24, 250, 600)	1	7,38%	0,00%	32,47%	-39,99%	28,56%	-51,26%	31,07%	-63,62%	16,93%	-24,99%
	2	5,22%	-4,30%	29,97%	-64,08%	31,79%	-81,10%	37,83%	-96,09%	18,67%	-40,49%
	3	6,08%	-2,46%	24,60%	-40,28%	25,98%	-45,14%	31,47%	-54,50%	17,78%	-21,18%
	4	-0,51%	-21,1%	30,95%	-72,29%	29,23%	-63,79%	27,10%	-69,64%	11,01%	-41,68%
(60, 180, 18, 300, 700)	1	7,31%	0,00%	22,93%	-33,00%	24,87%	-32,04%	25,47%	-26,82%	15,68%	-18,00%
	2	6,49%	-7,15%	26,72%	-52,67%	26,73%	-45,04%	24,96%	-49,00%	12,94%	-24,88%
	3	6,41%	-2,26%	34,60%	-39,66%	35,45%	-44,69%	34,96%	-42,40%	20,95%	-27,76%
	4	0,43%	-21,2%	14,14%	-74,04%	16,42%	-64,92%	18,09%	-64,76%	8,00%	-32,64%
(60, 180, 36, 300, 700)	1	8,81%	0,00%	39,04%	-35,02%	33,99%	-35,51%	36,75%	-40,68%	16,53%	-12,37%
	2	5,86%	-6,05%	40,70%	-41,94%	34,65%	-42,41%	38,20%	-47,22%	15,38%	-17,93%
	3	7,07%	-3,58%	21,83%	-43,00%	25,89%	-47,90%	27,85%	-47,38%	14,99%	-18,42%
	4	5,63%	-26,2%	39,62%	-47,03%	42,47%	-42,47%	39,41%	-46,68%	16,30%	-29,16%

D'après le tableau ci-dessus, le gain économique dans le coût total de transport au niveau du quatrième contexte atteint sa valeur maximale avec **24,99%** par rapport au premier scénario et **40,49%** par rapport au deuxième scénario. Pour le troisième et le quatrième scénario, la valeur maximale des gains dans les coûts de transport est obtenue dans le troisième contexte avec **47,61%** au niveau du troisième scénario et avec **41,68%** pour le quatrième scénario.

4. Discussion

Nous avons proposé, à travers ce chapitre, un nouveau modèle généralisé afin de gérer le Processus de Détermination des transporteurs Vainqueurs (PDV) dans le cas d'une enchère combinatoire de transport. Ce modèle fournit les outils de base pour les expéditeurs afin d'évaluer les propositions reçues des transporteurs et de garantir la sélection de ceux ayant les degrés de confiance les plus élevés. L'objectif en est de minimiser le coût total (les coûts de base et les coûts cachés estimés) que peut supporter un expéditeur dans la pratique, si certains problèmes se produisent pendant les livraisons. Dans ces cas, L'expéditeurs doit alors anticiper et estimer les coûts cachés et sélectionner les transporteurs en fonction de leurs degrés de confiance.

Les résultats de notre étude expérimentale montrent que l'approche proposée est assez facile à mettre en œuvre dans des contextes réels. Nous avons également souligné, à travers un grand nombre d'instances générées que, en considérant le degré de confiance des transporteurs, le PDV donne certainement une augmentation du coût direct total (prix de base) par rapport aux autres quatre autres scénarios. Cette augmentation des prix de base est, toutefois, récompensée par une diminution du coût total estimé. Ce changement du coût est dû à la non-confiance des transporteurs sélectionnés dans les autres scénarios.

Tous les scénarios présentés dans cette étude (5) représentent en fait une solution d'aide à l'expéditeur. Chaque scénario propose la bonne solution (c.-à-d. les meilleurs transporteurs) selon la logique de calcul adoptée par l'expéditeur. Selon la stratégie adoptée dans son modèle de gestion pour la détermination du transporteur, l'expéditeur choisit l'un de ces cinq scénarios qui lui fournira la solution la plus adaptée à ses besoins. L'expéditeur doit suivre, lors de la détermination de sa stratégie de PDV, un ensemble de recommandations qui nous sommes inspirées de nos résultats expérimentaux:

- Dans le choix de la stratégie de détermination de transporteur vainqueur, il est déconseillé de prendre le prix de la proposition comme unique critère de résolution. Comme le montrent nos résultats, les transporteurs qui proposent les prix les plus bas n'ont pas forcément les meilleurs coûts totaux de transport. Le prix de la proposition représente certes un critère important dans la résolution sans en être le seul à considérer.

- Plus un scénario tient compte du plus grand nombre d'informations, plus la solution déterminée assure un plus grand pourcentage d'économie et de gain pour l'expéditeur. Un expéditeur doit ainsi adopter une stratégie de PDV qui fait appel à une liste le plus possible exhaustive d'informations et de données.
- Dans le choix de la stratégie de détermination du transporteur, un expéditeur doit tenir compte des deux types de données : directes et indirectes. Les données directes représentent son historique direct avec les transporteurs et les données indirectes constituent les recommandations des autres expéditeurs concernant les transporteurs en question. La combinaison de ces deux types de données offre une perception plus exhaustive du problème et permet d'avoir une décision qui assure une économie dans le coût total de transport ainsi qu'une bonne qualité de service. Nos résultats montrent aussi que chaque expéditeur doit accorder plus de crédit aux données directes par rapport aux données indirectes

Ce chapitre est un exposé d'une étude comparative des résultats de 600 instances générées aléatoirement dans six contextes différents entre cinq scénarios de résolution à savoir 1) une enchère classique basée sur le prix de base, 2) une enchère basée sur le modèle proposé par Rekik et Mellouli 2011 [RM12], 3) une enchère qui tient compte de l'entité de la réputation directe, 4) une enchère qui tient compte de l'entité de la réputation indirecte et 5) une enchère basée sur la dimension de confiance, avec ses trois entités (réputation directe et indirecte et la différence de croyances) et proposée dans notre modèle de confiance du chapitre précédent.

A partir des résultats, des recommandations qui offrent les outils de base pour les expéditeurs pour évaluer les propositions reçues des transporteurs ont été proposées. Ces propositions sont basées sur la confiance directe entre les expéditeurs et les transporteurs ainsi que sur la confiance indirecte calculée à partir des réputations directes des autres expéditeurs envers les transporteurs. En adoptant ces recommandations, les expéditeurs se garantissent la sélection de transporteurs ayant le meilleur degré de confiance. Ces expéditeurs pourront alors anticiper leurs trois coûts cachés de transport qu'ils risquent de supporter à savoir le coût de dommage, le coût de retard et le coût d'annulation. Ils pourront ainsi mieux prévoir leurs dépenses totales de transport.

Vers un modèle réaliste de négociation

Le modèle théorique proposé dans le premier chapitre est constitué de quatorze dimensions de négociation en interaction. Dans le deuxième et le troisième chapitre, nous avons montré l'impact et l'utilité de la prise en considération formelle de la dimension de confiance (une des 14 dimensions de négociation) dans le processus de négociation. L'objectif du présent chapitre est de tester la faisabilité de tout le modèle théorique de négociation proposé. Cet objectif est réalisé par le biais d'une analyse théorique de la faisabilité des différentes dimensions de négociation qui constituent l'ensemble de ce modèle.

Nous reprenons le tableau I.2 qui représente le résultat de la revue de la littérature effectuée dans le premier chapitre concernant le degré d'intégration des dimensions de négociation au niveau de vingt modèles de négociation proposés dans la littérature entre les années 2000 et 2010. Cette revue nous permettra de reprendre les modélisations formelles des treize dimensions de négociation restantes (sauf la confiance) afin de présenter les différentes techniques utilisées dans leurs modélisations.

Tableau IV-1 : Le résultat de la revue de la littérature

Dimensions	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	Total Formel	Total Référencement
[BLH00]				+		+	+		-		+		-	-	4	3
[Col08]									-	-				-	0	3
[FMDF08]	+				-	-	+		+					+	4	2
[GML08]	-	-			-			-		-		-	-	-	0	8
[HJ01]	+			+	-		-			+		+			4	2
[JD09]	+		-				+		+		-		-	-	3	4
[JVH06]	-	+					-	+		+					3	2
[KT09]			+		-			-			+		+	-	3	3
[LW07]					-		+		+		+		-	-	3	3
[LC04]	-		+			+		-	+		+				4	2
[LRP08]	-					+	+		+		-			+	4	2
[LJSL+03]	+					+	-				+		+	+	5	1
[RCC09]	+				-				+		+		+		4	1
[RAU03]	+			+					+		+		+	+	6	0
[RZNL+05]	+				+			+					+	-	4	1

[SLGW02]					-		+		-		-	-	-	1	5
[Van07]	-	+							-					1	2
[VJW09]	-			-	-						-		-	0	5
[XSLO+09]						-	-		-					0	4
[YYN01]		+							+				-	2	1

+: Représentation Formelle

-: Juste référencée, mais pas formellement développée

1 : le comportement, 2 : l'émotion, 3 : les données incertaines, 4 : la croyance, 5 : la perception, 6 : la rationalité, 7 : l'environnement, 8 : la confiance, 9 : l'apprentissage, 10 : la créativité, 11 : la base de connaissance, 12 : les règles d'éthique, 13 : la communication et 14 : la stratégie.

Nous suivons dans notre étude de faisabilité du modèle théorique de négociation, le même enchaînement de présentation des dimensions de négociation utilisé dans le premier chapitre (l'environnement externe, l'état mental et le comportement du négociateur).

1. Les dimensions reliées à l'environnement externe

Quatre dimensions sont liées à l'environnement externe du négociateur: l'environnement, la communication, la perception et les données incertaines.

1.1. L'environnement

Les techniques et les ressources informatiques à utiliser au niveau des modèles de négociation doivent assurer une évolutivité et une adaptabilité continues afin de s'adapter à un environnement de négociation qui hétérogène et ouvert [SLGW02][LW07]. Sept modèles de négociation ont formellement traité la dimension d'environnement [BLH00][SLGW02][JVH06][LW07][FMDF08][LRP08][JD09]. Différentes techniques ont été utilisées dans ce cadre : les agents intelligents ([BLH00][SLGW02][JVH06][LW07][LRP08][FMDF08][JD09]), la théorie des jeux ([BLH00], le « *Grid Concept* » ([SLGW02]), les réseaux bayésiens ([LW07]), le « *Ranking Mechanism* » ([LRP08]), les heuristiques ([FMDF08]) et les ensembles flous ([JD09]).

Balogh et al dans [BLH00] ont utilisé le Kit Java IBM Aglets pour le développement des agents mobiles dans leur modélisation de l'environnement. L'utilisation de ce type d'agents permet aux agents : a) de percevoir leur environnement et de réagir de façon autonome aux changements (*agent asynchrone et autonome*), b) d'être dépendants de leur environnement d'exécution et de fournir les conditions optimales pour l'intégration du

système (*agent hétérogène*), et c) de réagir dynamiquement à des situations et à des événements défavorables (*agent robuste et tolérant*).

Formellement, la négociation entre les agents mobiles a été modélisée sous la forme d'un jeu. Les auteurs ont défini un Tuple de 10 ($\langle N, M, V, A, H, Q, L, P, C, E \rangle$) pour spécifier le processus de négociation où chaque variable correspond à une entité intervenante dans le processus. N représente, par exemple, l'ensemble des agents négociateurs, M l'ensemble des critères de négociation et L la dimension de l'environnement. Cet ensemble décrit les informations pertinentes. Il englobe les paramètres de l'environnement qui peuvent être changés dans le temps tels que les indices économiques, les taux d'intérêts, etc.

Louta *et al.* dans [LRP08] ont opté aussi pour les agents intelligents mobiles sur la base d'un mécanisme de classement (Ranking Mechanims). Dans le modèle proposé, la dimension de l'environnement a été modélisée par un protocole dynamique de négociation multilatérale basé sur le mécanisme de classement. Ce modèle permet d'assurer une mise à jour continue des attributs, des variables et même des objectifs selon les changements observés dans l'environnement et dans le contexte de négociation.

Shen *et al.* dans [SLGW02] ont aussi utilisé les agents intelligents, mais avec le concept de la grille (The Grid Concept) pour modéliser des environnements hétérogènes et complexes. La grille permet à l'agent (agent grille) de sélectionner automatiquement, à partir d'un ensemble de modèles de négociation (protocoles/stratégies), le mieux adapté aux changements de l'environnement. Les auteurs ont implémenté quatre modèles de négociation pour la validation du mécanisme de sélection de l'agent grille. Ces modèles sont basés sur : 1) le protocole Contract Net, 2) les enchères, 3) la théorie des jeux et 4) le contrôle discret optimal (Discrete Optimal Control). Selon le modèle sélectionné, les agents se comportent différemment et changent leurs objectifs. Par exemple, quand le modèle de théorie des jeux est sélectionné, tous les agents impliqués dans le processus de négociation sont estimés égoïstes.

Jiang *et al.* dans [JVH06] ont modélisé l'environnement sur la base des agents émotionnels. Chaque agent définit un ensemble d'états d'environnement, noté E et attribue une valeur pour chaque état. Ces valeurs d'états sont calculées à partir d'une fonction d'utilité, appelée « worth function ». Dans le processus de négociation, l'arrangement est

atteint en maximisant la valeur de l'état d'environnement et l'état émotionnel (nous détaillons plus ce modèle dans la partie spécifique à la dimension d'émotion).

Une autre forme d'agents intelligents, à savoir les agents adaptatifs a été utilisée dans le modèle de négociation proposé dans [LW07]. Ces agents sont conçus sur les réseaux bayésiens et sont employés pour négocier dans des e-marketplaces dynamiques. Le modèle proposé par [LW07] est représenté en 5 Tuples $\langle P, A, D, U, T \rangle$ où P représente les agents négociateurs, A est l'ensemble des attributs à négocier, D est l'ensemble des domaines d'attributs, U représente l'ensemble des fonctions d'utilité et T est l'ensemble des dates limites fixées par les négociateurs. Tout changement observé au niveau des trois ensembles P , A et D , durant le processus de négociation, est pris en considération et détecté par les agents adaptatifs par le biais d'un mécanisme d'apprentissage bayésien.

Forget *et al.* dans [FMDF08] ont adopté une approche heuristique pour la modélisation de l'environnement dans le processus de négociation d'une chaîne logistique. Cette approche heuristique permet aux agents intelligents de contrôler et de s'adapter aux changements de l'environnement et ainsi améliorer les performances de la négociation.

La dimension de l'environnement peut être aussi modélisée par les ensembles flous [JD09]. Deux fonctions d'appartenance : 1) une fonction d'appartenance pour les degrés de préférence entre les agents négociateurs, et 2) une autre pour les degrés de crédits entre les agents. L'agent négociateur calcule dynamiquement ces deux fonctions en fonction des changements observés dans son environnement. Ceci pour mettre à jour, continuellement, la valeur de l'utilité des autres agents négociateurs du système. Ainsi, les utilités déterminées permettent aux agents de prendre dynamiquement les décisions adaptées à l'environnement de négociation.

Les sept modèles de négociation étudiés montrent que l'environnement est une source d'information nécessaire au niveau du processus de négociation. Cette source permet aux agents négociateurs d'être constamment conscients et adaptés aux changements de l'environnement.

1.2. La communication

La communication assure l'échange des données et des connaissances aux niveaux interne et externe de négociation [LJSL+03][KT09]. Le niveau interne représente l'architecture de l'agent négociateur c.à.d. ses quatorze dimensions de négociation. Le niveau

externe est reflété par l'ensemble des agents qui participent à la négociation [HJ01][RAU03]. Pour modéliser la communication, plusieurs techniques ont été utilisées. Six modèles de négociation ont formellement intégré la communication entre les agents d'un système [HJ01][LJSL+03][RAU03][RZNL+05][RCC09][KT09]. Deux modèles ([HJ01][KT09]) ont modélisé la communication en utilisant les systèmes multi-agents et les ontologies. Ces deux techniques permettent d'assurer, à travers une interface, le transfert des données, des propositions et des buts et allocations des ressources nécessaires durant le processus de négociation. L'ontologie permet de fournir l'infrastructure nécessaire pour mettre en œuvre les règles de la communication d'un protocole de négociation.

La modélisation de la communication est aussi réalisable à travers des langages standards et des protocoles existants. Par exemple, dans [LJSL+03], les auteurs ont adopté le langage standard KQML « Knowledge Query and Manipulation Language » proposé par Finin *et al.* en 1994. Ce langage sert à modéliser la communication entre l'agent acheteur et l'agent vendeur. La communication modélisée permet aussi d'assurer l'échange de connaissances entre le comportement, la rationalité de négociateur et le processus de sélection de la stratégie. Un autre exemple d'utilisation des langages de communication est celui du modèle proposé dans [RAU03]. Les auteurs ont adopté le protocole MCP « Monotonic Concession Protocol » de Zeuthen (1975) pour exercer certaines modifications et assurer ainsi une bonne communication entre les agents négociateurs dans un environnement dynamique et incertain.

Les deux derniers modèles de négociation ([RZNL+05][RCC09]) ont modélisé la communication interne et externe à partir des plateformes existantes. Les auteurs dans [RZNL+05] ont utilisé une interface de communication abstraite pour assurer l'interaction sécurisée entre les deux plateformes *TrustBuilder* [Win12] et *GAA-API* [USC12]. Dans [RCC09], les auteurs ont choisi l'environnement de gestion e-commerce RosettaNet et la plateforme B2B Biztalk pour établir la communication entre des agents négociateurs. Les six modèles de négociation nous montrent que la modélisation de la communication est réalisable soit en définissant des nouvelles règles de communication par des techniques telles que l'ontologie ([HJ01][RT09]), soit à travers des protocoles et des langages existants ([RAU03][LJSL+03]) ou même toute plateforme de communication ([RZNL+05][RCC09]).

1.3. La perception

La négociation est un processus dynamique [Cra92][HVD98]. L'agent négociateur doit être capable de réagir et de s'adapter aux changements de l'environnement externe et aux nouveaux paramètres d'une négociation. [Gra91][FDF08]. La réaction du négociateur est basée sur sa capacité de perception [Sch05][KT09]. La modélisation formelle de la dimension de perception a été traitée une seule fois au niveau des modèles de négociation étudiés ([RZNL+5]). Dans ce modèle de négociation, la perception de l'agent négociateur est modélisée en utilisant la combinaison de deux systèmes existants à savoir TrustBuilder [Win12] et Generic Authorization and Access-control API (GAA-API) [USC12]. La perception intervient dans l'aspect adaptatif du système proposé. Elle permet une mise à jour dynamique des taux de confiance et modifie ainsi les niveaux de sécurité. La perception de l'agent est représentée par les informations captivées à partir d'une analyse continue de l'environnement externe et des données historiques présentes dans la base de connaissances de l'agent négociateur.

1.4. Les données incertaines

Même avec une base de connaissances limitée et incertaine, l'agent négociateur doit être équipé d'un mécanisme qui lui permet de raisonner et d'agir, en temps réel, dans toutes les situations imprévisibles et ouvertes [Cas98][LC04]. Ce mécanisme est basé sur la prise en considération de la dimension des données incertaines [Cas98][Ros04] [Cox05]. Deux modèles de négociation ont intégré les données incertaines dans leur processus de négociation. Pour modéliser l'incertitude, ces modèles ont utilisé les systèmes multi-agents accompagnés de la théorie des jeux dans [LC04] et des ensembles flous dans [KT09]. Les agents peuvent rencontrer des impasses si l'incertitude est trop grande pour susciter une stratégie rationnelle et en particulier lorsque l'incertitude bilatérale (au niveau des deux agents négociateurs).

Dans [LC04], les auteurs ont proposé l'incertitude bilatérale à travers un protocole de médiation qui se base sur le concept de SNT « Single Negotiation Text » de Roger Fisher (1978). Le protocole de médiation représente un jeu de négociation entre deux agents qui tendent de parvenir à un accord mutuellement bénéfique. L'incertitude bilatérale fait partie de nos hypothèses de travail envisagées. Ce type d'incertitude est intégré dans la fonction d'utilité de chaque agent, de telle sorte que cet agent ignore la fonction d'utilité des autres et ne peut pas donc comparer et évaluer son risque par rapport à celui des autres. De cette

manière, la fonction d'utilité de chaque agent est son information privée inconnue auprès des autres.

Le traitement de l'incertitude bilatérale consiste à maximiser les fonctions d'utilité de tous les agents (l'équilibre de Nash du jeu). Dans le deuxième modèle de [KT09], l'incertitude est présente dans les préférences des agents qui sont modélisées selon une approche floue. Cette approche floue est utilisée aussi dans l'évaluation des offres reçues englobant des données incertaines. Les règles et les actions des préférences des agents sont implémentées en utilisant l'environnement de développement *JESS* « *The Java Expert System Shell* » [Hil12]. L'API Java *CNRC Fuzzy^J Toolkit* [Orc01] est ajoutée à cet environnement de développement pour que ce dernier puisse traiter l'incertitude par des variables et des règles floues. Ces deux modèles nous permettent de confirmer la faisabilité de la prise en considération formelle des données incertaines dans les processus de négociation.

Nous résumons dans le tableau IV.2 toutes les techniques utilisées pour représenter les quatre dimensions liées à l'environnement externe de négociateur.

Tableau IV-2 : Les techniques de l'environnement externe

Dimensions	Environnement	Perception	Données incertaines	Communication
Techniques				
Les SMA	*	*	*	*
La théorie des jeux	*		*	
Le Grid Concept	*			
L'approche bayésienne	*			
Les mécanismes de classement	*			
Les heuristiques	*			
Les ensembles flous	*		*	
Les ontologies				*
Les langages existants : KQML				*
Les protocoles existants : MCP				*
Les plateformes existantes		*	*	*

2. Les dimensions reliées à l'état mental du négociateur

L'état mental du négociateur englobe six dimensions de négociation à savoir l'émotion, la croyance, l'apprentissage, les règles éthiques, la base de connaissances et la confiance.

Dans cette section, nous présentons uniquement la faisabilité de cinq première dimensions puisque la faisabilité de la confiance a été précédemment traitée dans cette thèse (Chapitres II et III).

2.1. L'émotion

La dimension émotion représente une nouvelle forme d'intelligence sociale utilisée dans les processus de négociation [MNMR+06]. Cette dimension permet à l'agent négociateur d'être au courant de l'état de son émotion et de celui de ses concurrents. Elle permet aussi de les interpréter, les prévoir et les générer si nécessaire [Bar04][PVDP08]. Les émotions jouent un rôle essentiel dans la régulation sociale [Bar97][TB09]. Elles présentent des fonctions et des conséquences sociales importantes. Elles fonctionnent à travers un échange de communication entre les agents du système en donnant des informations sur les intentions sociales, les orientations, les objectifs et les désirs [PVDP08][AE08][OKH09].

Trois modèles de négociation ont intégrés la dimension d'émotions dans leur processus de négociation à travers l'usage de différentes techniques sur la base des systèmes multi-agents [YYN01][JVH06][Van07]. Dans [YYN01], les auteurs ont adopté le modèle A-B-X pour présenter les facteurs émotionnels du négociateur et décrire les relations humaines et sociales. Ce modèle est basé sur la théorie de balance créée par Heider et formalisée mathématiquement par Cartwright et Harary (1956). Il démontre que les facteurs émotionnels influencent la décision du négociateur.

Dans [JVH06], les auteurs ont défini une fonction d'utilité qui calcule l'émotion d'un agent négociateur. L'émotion calculée permet de choisir la stratégie adoptée lors du processus de négociation en modifiant le comportement de l'agent. Par exemple, les émotions négatives frustrant et les émotions positives facilitent la réalisation d'un objectif.

Le modèle de [Van07] a introduit dans une négociation les effets interpersonnels de l'émotion sur les conflits. L'auteur a présenté un ensemble de mécanismes d'émotions sur la base de la logique floue. Ces mécanismes présentent une influence directe sur la sélection de la stratégie et du comportement du négociateur. Le changement et la mise à jour de l'émotion sont assurés par la capacité de l'agent à percevoir son environnement externe. Le modèle proposé représente une solution flexible et simple pour la résolution des problèmes décisionnels et les conflits engendrés par les émotions négatives.

2.2. La croyance

La croyance représente la conviction de l'esprit [ZWL+07]. Elle résulte des expériences historiques directes et indirectes de l'agent négociateur [BLH00][RAU03]. Cette dimension a été trois fois formellement modélisée dans la littérature étudiée. Différentes techniques telles que les systèmes multi-agents ([BLH00][HJ01][RAU03]) et les inférences bayésiennes ([RAU03]) y sont utilisées. Balogh *et al.* dans [BLH00] ont modélisé la croyance du négociateur à travers un modèle mathématique basé sur le formalisme proposé par Zeng et Sycara en 1996 dans [ZS96] ainsi que sur les systèmes multi-agents. Le modèle mathématique proposé se compose d'un tuple de 10 ensembles $\langle N, M, V, A, H, Q, L, P, C, E \rangle$ où l'ensemble L représente l'ensemble des croyances et des connaissances des agents négociateurs. Les croyances d'un agent représentent l'ensemble des croyances relatives aux autres agents du système. Elles englobent, entre autres, les croyances sur le style de négociation des autres agents et les croyances sur leurs processus de prise de décision. La croyance est utilisée pour générer l'ensemble des préférences de l'agent négociateur nécessaires dans le processus de décision.

Le deuxième modèle proposé dans [HJ01] a fait recours aux multi-agents pour modéliser formellement l'état mental d'un agent négociateur composé de la croyance et de la base de connaissance. La connaissance représente les données exactes et sûres dont l'agent dispose. Les croyances représentent les données dont la véracité n'est pas avérée chez l'agent. Ce type de données est nécessaire lorsque l'agent négocie dans une situation inconnue. Les deux dimensions (la connaissance et les croyances) permettent conjointement de spécifier le comportement que l'agent adoptera tout au long de la négociation.

Ren *et al.* dans [RAU03] ont étudié les relations d'interaction entre la croyance, la connaissance et le comportement du négociateur. Pour cela, ils ont utilisé des inférences bayésiennes au niveau des agents intelligents pour estimer les données de leurs adversaires dans la négociation. Lorsqu'un agent reçoit et analyse la proposition de son adversaire, il modifie ses propres croyances. La croyance mise à jour devient une nouvelle connaissance préalable de l'agent dans la suite de son processus de négociation. De cette manière, l'agent peut obtenir une croyance relativement précise sur son adversaire. A partir de nos lectures des modèles relatifs à la croyance, nous dirons que plusieurs techniques permettent de modéliser la croyance et que la croyance est fortement liée à la connaissance.

2.3. L'apprentissage

Nous avons déterminé dans le premier chapitre de ce travail, que l'intégration du processus d'apprentissage est nécessaire dans toutes les treize autres dimensions de négociation identifiées. Neuf modèles de négociation ont présenté le processus d'apprentissage pour assurer une mise à jour continue d'une ou de plusieurs dimensions de négociation. Ces modèles ont utilisé un ensemble de techniques dans leur modélisation à savoir les expressions faciales ([YYN01]), l'approche bayésienne ([RAU03][LC04][LW07][LRP08]), les algorithmes génétiques ([FMD08][RCC09]) et les ensembles flous ([JVH06][JD09]). Le premier modèle [YYN01] a utilisé une autre manière originale dans son processus d'apprentissage et qui consiste à apprendre à partir des expressions faciales des agents négociateurs. Dans ce modèle, l'apprentissage est utilisé pour assurer une adaptation dynamique de l'émotion de l'agent négociateur selon les expressions faciales détectées chez l'autre partie afin d'opter pour la stratégie de négociation la plus convenable.

Les inférences bayésiennes sont utilisées dans quatre modèles pour la conceptualisation du processus d'apprentissage [RAU03][LC04][LW07][LRP08]. Dans [RAU03], l'apprentissage bayésien permet à l'agent négociateur d'estimer les caractéristiques de son adversaire et de mettre à jour son processus de négociation. Ainsi, la négociation peut être menée plutôt sur la base d'informations estimées par l'apprentissage de l'agent négociateur qu'à partir de données incomplètes et incertaines. Au niveau de [LC04] et de [LRP08], les mécanismes d'apprentissage bayésiens ont été utilisés pour générer le processus de sélection des stratégies dans un environnement incertain et incomplet. Le dernier exemple de l'utilisation des mécanismes bayésiens a été présenté dans [LW07] pour améliorer et mettre à jour la base de connaissances des agents négociateurs.

Les algorithmes génétiques ont aussi été adoptés pour la modélisation formelle de l'apprentissage [FMD08][RCC09]. Le mécanisme de l'apprentissage conçu à partir des algorithmes génétiques a été intégré dans l'évaluation et l'amélioration dynamique et continue du comportement de l'agent négociateur ainsi que dans l'évaluation du comportement de son adversaire.

La logique floue représente la dernière technique adoptée pour modéliser l'apprentissage. Elle a été utilisée dans deux modèles de négociation ([JVH06][JD09]). Le processus d'apprentissage y intervient dans l'adaptation du comportement de l'agent négociateur et de son émotion par rapport aux changements de l'environnement extérieur. La

dimension d'apprentissage représente l'une des dimensions la plus référencée au niveau des vingt modèles de négociation étudiés. Sa modélisation formelle a été démontrée par l'utilisation de plusieurs techniques. La dimension d'apprentissage est toujours utilisée pour améliorer la modélisation formelle d'une autre dimension (le comportement ou l'émotion). Par conséquent, nous intégrons l'apprentissage dans toutes les dimensions de notre modèle réaliste de négociation.

2.4. Les règles éthiques

Les règles éthiques sont peu modélisées en littérature malgré leur importance dans les processus de négociation. Le modèle proposé dans [GML08] a été, à notre connaissance, le seul à en présenter une modélisation formelle. A présent, nous exposons un ensemble de travaux qui constituent le point de départ d'une modélisation formelle des règles éthiques en négociation. L'utilisation de la dimension d'éthique dans un processus de négociation nécessite tout d'abord la définition d'un protocole éthique standard qui est un processus de relations publiques [Biv92][Bow04]. Ce processus obéit à toutes les règles d'éthiques fixées par l'ensemble des communautés de gestion [Gru92].

Bowen [Bow04] a proposé un protocole éthique à partir des associations standards de règles d'éthiques telles que The Global Alliance for Public Relations and Communication Management (GAPRCM), The International Public Relations Association (IPRA), The International Association of Business Communication (IABC), etc. La dimension d'éthique est liée aux deux dimensions de négociation à savoir la base de connaissances et la stratégie [Bow04][Til05][GML08]. La base de connaissances est utilisée pour le stockage des règles éthiques sous des formats compréhensibles par les autres dimensions de négociateur [GG96]. A travers la stratégie, l'agent négociateur vise à maximiser son efficacité organisationnelle et sa rentabilité en prenant des décisions et des stratégies qui s'efforcent de respecter le protocole éthique fixé au début de la négociation [Bow04]. L'auteur a proposé aussi un modèle de gestion stratégique éthique basé sur les ontologies et qui permet de renforcer l'analyse et l'apprentissage éthique à partir des relations publiques et la prise de décision. Tilley [Til05] incite notamment à l'utilisation des normes éthiques dans la gestion stratégique par une formalisation des relations publiques éthiques.

Bivins [Biv92] a proposé un modèle théorique de prise de décisions basée sur les règles éthiques. Il démontre que le processus de décision repose sur deux considérations éthiques à savoir la conscience éthique et l'analyse éthique. Grunig et Grunig [GG96] ont proposé une

stratégie éthique pour la prise de décision. Cette stratégie consiste à maximiser les conséquences positives et minimiser les effets négatifs. Dans l'approche proposée par ces auteurs, l'analyse éthique sert à déterminer la bonne et la mauvaise décision à prendre par un négociateur et représente un outil de prédiction des conséquences possibles des décisions.

Après la présentation de ces différents travaux, nous pouvons conclure que la modélisation formelle de la dimension des règles éthiques est possible. Cette modélisation est liée à celles de la dimension de base de connaissances et de la stratégie [Bow04][Til05][GML08].

2.5. La base de connaissances

Les connaissances représentent la base dans laquelle l'agent négociateur enregistre et stocke toutes les informations susceptibles d'être utilisées dans le processus de négociation [Fau99][RZNL+05][Van07]. La base des connaissances englobe les croyances de l'agent négociateur, ses degrés de confiance, ses stratégies, ses règles éthiques, l'ensemble de ses émotions et sa rationalité [RAU03][LC04][RCC09]. La modélisation formelle d'une telle dimension est possible. Huit modèles de négociation ont explicitement traité la base de connaissances en adoptant une panoplie de techniques informatiques. La première technique utilisée est celle des systèmes multi-agents adoptée par les huit modèles étudiés dans la littérature.

Deux modèles ([HJ01][RAU03]) ont utilisé uniquement les règles d'actions existantes dans les plateformes multi-agents (la plateforme ZEUS par exemple) pour modéliser la connaissance. Ces actions assurent le bon déroulement et l'échange des informations durant le processus de négociation. Les six autres modèles ont utilisé les agents intelligents avec d'autres techniques. Dans [KT09], les auteurs ont adopté à côté des systèmes multi-agents, les ontologies, les services web sémantique (SWSs) et le langage XML à travers une architecture orientée service. Balogh *et al.* [BLH00] ont utilisé un modèle mathématique basé sur les réseaux de neurones dans le but d'enregistrer et de filtrer les données spécifiques à la croyance et à la rationalité de l'agent négociateur. Dans [LC04], la construction de la base des connaissances a été réalisée sous forme de fonctions d'utilité de l'agent négociateur à partir de l'apprentissage bayésien issu de données incertaines de l'environnement.

Dans [LW07], les auteurs ont utilisé la datamining pour enregistrer et explorer les données historiques qui constituent la base des connaissances de l'agent négociateur. La

connaissance peut être aussi modélisée en adoptant de plateformes ou des Frameworks existants tels que la plateforme multi-agents ZEUS dans [RAU03], la plateforme B2B Biztalk dans [RCC09] et le Framework CommonKADS dans [LJSL+03]. Les auteurs des trois modèles ([RAU03][LJSL+03][RCC09]) ont montré que l'utilisation de tels plateformes répond parfaitement aux besoins des modèles de négociation ayant une modélisation complexe de leurs connaissances. Dans cette section, plusieurs modélisations formelles de la connaissance ont été présentées. Nous concluons ainsi que cette dimension est formellement réalisable.

Le tableau IV.3 résume les techniques adoptées dans la littérature pour modéliser les cinq dimensions de l'état mental du négociateur.

Tableau IV-3 : Les techniques de l'état mental du négociateur

Dimensions	Emotion	Croyance	Apprentissage	Règles éthique	Base de connaissances
Techniques					
Les SMA	*	*	*	*	*
L'approche bayésienne		*	*		
Les heuristiques					
Les ensembles flous	*		*		
Les ontologies				*	*
Les plateformes existantes				*	*
Le modèle A-B-X	*				
La théorie de balance	*				
L'algorithme génétique			*		
Le web sémantique				*	*
Les langages existants : XML				*	*
Le Datamining				*	*

3. Les dimensions comportementales

Quatre dimensions de négociation sont liées au comportement du négociateur à savoir la rationalité, le comportement, la stratégie et la créativité.

3.1. La rationalité

Quatre modèles de négociation ont formellement intégré la rationalité du négociateur sur la base d'un ensemble d'approches et de techniques telles que les agents intelligents

([BLH00], la théorie de l'économie rationnelle ([BLH00][LJSL+03][LC04][LRP08]), les ensembles flous ([LJSL+03]), la théorie des jeux ([LC04]) et les mécanismes de classement ([LRP08]). La rationalité permet à l'agent négociateur de garder un sens logique et raisonnable dans la négociation [BLH00][LC04]. Elle assure une focalisation continue de l'agent sur les objectifs principaux de la négociation (la maximisation du profit par exemple) [AC07][JD09]. La rationalité est une sorte d'un auto-jugement du négociateur qui l'empêche de suivre essentiellement ses émotions ou des facteurs externes [Sch05][JVH06].

Dans ce sens, Balogh *et al.* [BLH00] proposent un modèle formel de la rationalité en négociation à partir de la théorie de l'économie rationnelle (Doyle 1992) et des systèmes multi-agents. Dans ce modèle, l'agent négociateur génère sa rationalité à partir de ses préférences, un concept fondamental de la théorie d'économie rationnelle et qui sont représentées au moyen d'une fonction d'utilité numérique, notée u . Cette fonction permet de classer l'ensemble des alternatives selon leurs degrés de préférence (désirabilité) et permet de maximiser l'utilité de l'agent négociateur et le rendement de ses décisions..

Les ensembles flous, une autre alternative pour conceptualiser la rationalité d'un négociateur, ont été utilisés pour la sélection de la stratégie de négociation [LJSL+03]. Dans le modèle de [LJSL+03], la rationalité est représentée sous la forme d'une fonction d'utilité calculée à partir des degrés d'acceptabilité fixés par les agents négociateurs. Pour leur part, Lin et Chou dans [LC04] ont modélisé la rationalité par la théorie des jeux. Leur objectif étant de déterminer la stratégie à adopter à partir de la fonction d'utilité de l'agent négociateur et de celles des agents adversaires dans le cas où les données sont qualifiées d'incertaines.

Dans le modèle de [LRP08], la rationalité est modélisée sous la forme d'une fonction d'utilité qui se réfère au mécanisme de classement des agents mobiles. La rationalité est utilisée dans le processus de sélection de la stratégie de négociateur qui doit maximiser sa fonction d'utilité. La lecture des différents modèles de la rationalité montre que cette notion est toujours accompagnée d'une fonction d'utilité qui calcule les préférences des agents négociateurs. La différence entre ces modèles réside dans la forme de la fonction d'utilité et des techniques utilisées.

3.2. Le comportement

Le comportement du négociateur influence le déroulement et le résultat du processus de négociation. Il peut amener le négociateur soit à un arrangement qui satisfait plus au moins

ses objectifs, soit à une impasse [FMDF08][EAZ09]. La modélisation formelle du comportement a été réalisée en littérature sur la base des systèmes multi-agents ([HJ01][LJSL+03][RAU03][RZNL+05][FMDF08][RCC09][JD09]), des ensembles flous ([HJ01][LJSL+03][RCC09][JD09]), des approches heuristiques ([FMDF08]), de la théorie des jeux ([RAU03]) et des plateformes et des Framework existants ([RZNL+05]).

En se basant sur les systèmes flous, Hadj Kacem et Jmaiel dans [HJ01] ont utilisé le comportement pour la construction d'un agent négociateur autonome qui sélectionne son comportement selon le contexte de la négociation ainsi que ses croyances. Dans [LJSL+03], les auteurs ont proposé un protocole comportemental de l'agent négociateur conçu sur la logique floue. Dans [JD09], le comportement est formalisé à travers un modèle de négociation hybride basé sur les multi-agents et la logique floue. Ce modèle permet à l'agent négociateur de choisir son comportement (compétitif ou coopératif) selon les données qui lui proviennent de l'environnement externe. Rau *et al.* [RCC09] développent 25 niveaux de règles floues à partir de deux fonctions d'appartenance floues, d'une fonction de préférences et d'une fonction de concession de l'adversaire. Ces règles permettent à l'agent d'évaluer les comportements des agents adversaires et de sélectionner la meilleure offre parmi celles proposées.

Le comportement en négociation est aussi conceptualisé par les systèmes multi-agents et les méthodes heuristiques. Dans [FMDF08], les auteurs ont proposé un modèle de négociation multi-comportemental basé sur les heuristiques. Les méthodes de recherche heuristique permettent de sélectionner le comportement approprié selon la situation de l'agent négociateur et qui influence le choix de la stratégie de négociation. Dans [RAU03], les auteurs ont utilisé la théorie des jeux ainsi qu'un ensemble de règles d'actions proposées dans la plateforme multi-agents ZEUS pour modéliser le changement comportemental des agents négociateurs. La mise à jour comportementale est en fonction des degrés de rationalité des agents ainsi que de leurs propres croyances. Le modèle de négociation de [RZNL+05] a combiné deux systèmes existants qui sont TrustBuilder [Win12] et GAA-API [USC12] pour développer un nouveau Framework, appelé ATNAC et qui a pour objectif d'examiner le comportement du négociateur à un instant donné et de choisir, en conséquence, la stratégie optimale de négociation.

3.3. La stratégie

Durant le processus de négociation, un ensemble de stratégies est envisagé par l'agent négociateur [FSJ98][RAU03]. Différentes techniques ont été utilisées en littérature pour modéliser la stratégie dans le domaine de la négociation. [RAU03][LJSL+03][FMDF08][LRP08]. Ces techniques sont les agents intelligents ([RAU03][LJSL+03][FMDF08][LRP08]), les ensembles flous ([LJSL+03]), la théorie des jeux ([RAU03]), les approches heuristiques ([FMDF08]) et les mécanismes de classement ([LRP08]). Nous remarquons que l'utilisation des agents intelligents est toujours présente dans la modélisation de toutes les dimensions de la négociation.

Dans [LJSL+03], les agents intelligents sont employés avec les ensembles flous pour conceptualiser un processus de négociation entre deux types d'agent (agent vendeur et agent acheteur). Les auteurs ont défini pour chaque agents un ensemble, noté A , contenant toutes les stratégies possibles. Le processus de sélection de la stratégie suit une démarche floue qui tient compte de la rationalité et du comportement de l'agent négociateur. Lors de son choix de la stratégie, cet agent tend à maximiser son utilité en vérifiant sa fonction d'acceptabilité de la valeur du critère de négociation (seuil d'acceptation). La théorie des jeux et la stratégie de Zeuthen (le mécanisme de concession [Zeu75]), dans [RAU03], ont été ajoutées aux agents intelligents pour formaliser la stratégie d'un agent négociateur. L'ensemble des stratégies de l'agent négociateur est préprogrammé dans son comportement avant le commencement de la négociation.

Ces stratégies spécifient la réaction de chaque agent à chaque événement. Leur sélection dépend de la façon d'évaluer un éventuel arrangement. L'évaluation se base sur le mécanisme de concession de Zeuthen qui permet à l'agent négociateur de calculer le degré de risque de chaque arrangement et de faire des concessions et éviter d'éventuels conflits. Tout au long du jeu de négociation, la stratégie sélectionnée sera donc entièrement responsable des réponses de l'agent. Dans [FMDF08], Forget *et al.* ont utilisé les méthodes heuristiques avec les agents intelligents pour la modélisation des stratégies du négociateur. Les auteurs ont développé trois stratégies de négociation : *Priority*, *Substitution*, et *Lot sizing*. Dans son processus de sélection des stratégies, l'agent négociateur se base sur son comportement compétitif ou coopératif et sur des recherches heuristiques locales. Louta *et al.* dans [LRP08] ont utilisé le mécanisme de classement sur la base des agents intelligents pour la conception et la construction formelle des stratégies de négociation. Dans ce modèle, le mécanisme employé

n'a pas besoin d'une rationalité compliquée au niveau de la croyance de l'agent négociateur pour choisir sa stratégie.

3.4. La créativité

La dimension de créativité n'a pas été formellement modélisée au niveau des vingt modèles de négociation étudiés. Seuls deux parmi ces modèles ([Col08][GML08]) ont fait référence à la créativité. Généralement, plusieurs techniques sont utilisées pour la créativité : les agents intelligents ([KM06][EMS10]), les méthodes heuristiques ([AB94]), les ensembles flous ([KM06][EMS10]) et la théorie des jeux ([KM06]). La créativité de l'agent négociateur est liée à la stratégie [KM06][EMS10]. On parle ici de stratégie créative, utilisée pour surmonter le cas d'échec dans les négociations [KM06]. Abraham et Boone [AB94] ont proposé un système de prise de décision pour les organisations modernes. Sur la base des méthodes heuristiques, ce système permet d'améliorer la prise de décisions créatives. La stratégie créative peut être aussi construite par la théorie des jeux associée à la logique floue afin de surmonter le cas d'impasse possible lors du processus de négociation [KM06]. Cette stratégie permet de relancer le jeu de négociation lorsque toutes les propositions reçues des agents négociateurs ne satisfont pas les besoins du négociateur.

Ebrahimnejad *et al.* [EMS10] proposent un modèle multi-attributs basé sur les ensembles flous pour la prise de décision. Ce modèle permet de prendre des décisions créatives par l'analyse des préférences du négociateur et l'utilisation de la technique floue de programmation linéaire.

Nous reprenons dans le tableau IV.4 toutes les techniques utilisées pour représenter les quatre dimensions comportementales : la rationalité, le comportement, la stratégie, et la créativité.

Tableau IV-4 : Les techniques des dimensions comportementales

Dimensions	Rationalité	Comportement	Stratégie	Créativité
Techniques				
Les SMA	*	*	*	*
La théorie des jeux	*	*	*	*
Les mécanismes de classement	*		*	
Les heuristiques		*	*	*
Les ensembles flous	*	*	*	*
La théorie de l'économie rationnelle	*			
Les plateformes existantes		*		

Nous avons repris dans cette dernière partie l'étude des vingt modèles de négociation (vu dans le premier chapitre) afin d'illustrer la faisabilité du modèle de négociation réaliste proposé dans la thèse. Nous avons ainsi vérifié la faisabilité de chacune des treize dimensions autre que la confiance (notre deuxième contribution). L'étude nous a montré que onze de ces dimensions présentent au moins une modélisation formelle dans l'un des modèles étudiés. Nous classons ces dimensions par ordre croissant de référencement formel ainsi (*Tableau IV.1*) : (1) l'apprentissage, (2) la base de connaissances, (3) le comportement, (4) l'environnement, (5) la communication, (6) la stratégie, (7) la rationalité, (8) la croyance, (9) l'émotion, (10) les données incertaines et (11) la perception. Pour les deux dernières dimensions (les règles éthiques et la créativité), nous avons présenté les techniques utilisées pour leur modélisation formelle. Dans le tableau IV.5, nous récapitulons toutes les techniques abordées dans ce chapitre pour la représentation formelle des différentes dimensions qui constituent notre modèle théorique.

Tableau IV-5 : Les techniques du modèle de négociation théorique

Dimensions	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Techniques													
Les SMA	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
La théorie des jeux	*		*			*	*		*		*		*
Le Grid Concept							*						
L'approche bayésienne				*			*	*					
Les mécanismes de classement						*	*				*		*
Les heuristiques	*						*		*		*		*
Les ensembles flous	*	*	*			*	*	*	*				
Les ontologies													
Les langages existants										*	*	*	
Les protocoles existants : MCP	*											*	
Les plateformes existantes			*		*					*	*	*	
Le modèle A-B-X		*											
La théorie de balance		*											
La théorie de l'économie rationnelle						*							
L'algorithme génétique								*					
Les ontologies										*	*	*	
Le web sémantique										*	*		
Le Datamining										*	*		

1 : le comportement, 2 : l'émotion, 3 : les données incertaines, 4 : la croyance, 5 : la perception, 6 : la rationalité, 7 : l'environnement, 8 : l'apprentissage, 9 : la créativité, 10 : la base de connaissance, 11 : les règles d'éthique, 12 : la communication et 13 : la stratégie.

A travers l'exposition de ces différentes techniques, nous pouvons affirmer que notre modèle réaliste de négociation est réalisable.

Conclusion Générale

1. Les principales contributions

La présente thèse se positionne à l'intersection de deux domaines de recherche interdépendants qui sont les systèmes multi-agents et la négociation. Les agents intelligents présentent dans un outil adéquat de remplacement de l'intervention humaine au niveau des processus de négociation [Mat01][LRP08]. Ils offrent un aspect autonome capable d'exécuter automatiquement des opérations et de simuler le comportement d'un négociateur humain dans un environnement réel de négociation [TB09][EAZ09]. Une négociation basée sur les systèmes multi-agents constitue un processus qui prend place entre différents agents dont la finalité est de satisfaire leurs propres objectifs. Toute négociation sert aux agents pour parvenir à un arrangement sur une répartition acceptable de leurs ressources multilatérales [LCN90][FSJ98][BS01][LWN08].

L'objectif central de la thèse est d'apporter de nouveaux éléments de réponse à la question relative à la négociation réaliste. L'atteinte de cet objectif a été réalisée par le biais de trois grandes contributions : 1) une analyse théorique initiée par une revue de la littérature qui nous a permis de définir les dimensions à considérer dans un processus de négociation réaliste, 2) une représentation formelle de la confiance comme une des dimensions principales de négociation, 3) et une étude de faisabilité du modèle théorique de négociation regroupant les quatorze dimensions .

La revue de la littérature a porté au niveau du premier chapitre, sur l'identification des quatorze dimensions caractérisant le processus de négociation réaliste. Nous avons regroupé ces différentes dimensions en trois composantes :

– *L'environnement externe* : cette composante englobe quatre dimensions de négociation qui sont l'environnement, la perception, la communication et les données incertaines.

–*L'état mental du négociateur* : cette composante renferme l'émotion, la croyance, l'apprentissage, la confiance, la base de connaissances et les règles d'éthiques.

–*Le comportement du négociateur* : cette dernière composante réunit le comportement, la stratégie, la rationalité et la créativité.

Après une étude portant sur le taux d'intégration de ces différentes dimensions de négociation identifiées dans vingt modèles de négociation, la deuxième partie du premier chapitre a proposé un modèle de négociation théorique qui englobe les quatorze dimensions réunies. Nous avons ensuite défini l'ensemble des relations minimales d'influence qui peuvent exister entre ces dimensions. Une étude comparative avec le modèle théorique de [LWN08] a été réalisée dans ce même chapitre pour valider le modèle proposé. Cette tâche constitue la première contribution dans cette thèse.

Dans le deuxième chapitre, nous avons sélectionné la dimension de confiance parmi les quatorze dimensions de négociation identifiées. La confiance est une *croyance* qu'une personne a concernant l'exécution d'une tâche par une autre personne de la manière dont elle a promis [HD09][LLYY09]. La confiance fondée sur les agents intelligents consiste à inciter un agent intelligent à faire confiance à un autre agent cible et de lui *déléguer* une partie ou la totalité d'une action à exécuter. Cette dimension représente un facteur d'influence qui établit et gère les interactions fiables entre les agents intelligents dans un environnement semi-compétitifs [CF98][RJSG03][AG07][HD09]. Trois entités de confiance sont à considérer dans le calcul du degré de confiance entre deux agents négociateurs : (1) la réputation directe de l'agent cible, (2) la réputation indirecte et (3) la différence de croyance entre les deux agents négociateurs.

Nous avons identifié aussi les paramètres qui interviennent dans le calcul de ces trois entités afin de simuler les conditions réelles d'une négociation à savoir le domaine de la négociation, le poids de l'arrangement, le temps de l'arrangement, le degré de fiabilité et le degré d'importance d'un agent négociateur vis-à-vis d'un autre. A partir de ces trois paramètres, nous avons établi un modèle mathématique de calcul du degré de confiance. Ce modèle représente la deuxième grande contribution de cette thèse.

Le troisième chapitre démontre l'utilité et la valeur ajoutée de la prise en considération de notre modèle de confiance dans le processus décisionnel d'une négociation réaliste. A cette

fin, nous avons choisi le cas des enchères combinatoires de transport établies entre un expéditeur et un ensemble de transporteurs. Deux méthodes de résolution des transporteurs vainqueurs ont été utilisées pour la validation pratique de notre modèle et qui sont : 1) la sélection des transporteurs en fonction de leurs prix de base et 2) la sélection des transporteurs en fonction de leurs coûts totaux (la somme du prix de base et les coûts cachés estimés) qui sont influencés par leurs réputations directes calculées par le modèle [RM12]. Les résultats finals obtenus montrent que le degré de confiance des transporteurs constitue une source importante de gains économiques. Ces gains sont engendrés, par rapport aux deux autres méthodes, au niveau des coûts totaux de transport lors du processus de détermination des transporteurs vainqueurs.

A la lumière de nos résultats, des recommandations à l'adresse des expéditeurs pour la détermination des transporteurs vainqueurs sont formulées:

- Plus le nombre de critères de résolution est important, plus la solution déterminée assure un gain économique pour l'expéditeur par rapport aux éventuelles autres solutions.
- Dans le choix de la stratégie de détermination du transporteur, l'expéditeur doit tenir compte des deux types de données à savoir directes et indirectes.
- L'expéditeur doit accorder plus d'importance aux données directes par rapport aux données indirectes.

Le dernier chapitre de la thèse est consacré à la vérification de la faisabilité totale du modèle théorique de négociation (Chapitre I). Cette étude constitue la troisième contribution de ce travail. Nous avons démontré, dans ce chapitre, en présentant les différentes techniques y utilisées, que toutes les quatorze dimensions de négociation peuvent être réalisées d'une manière formelle.

2. Les limites et les voies futures de recherche

Quatre limites de recherche sont à distinguer dans le cadre de ce travail. Trois sont décelées au niveau du modèle théorique de négociation et une dans le modèle formel de confiance. La première limite est constatée au niveau des relations identifiées entre les quatorze dimensions de notre modèle théorique de négociation. Dans le premier chapitre,

seules les relations minimales sont définies. Nous avons ainsi supposé qu'elles sont suffisantes pour mettre en place un processus de négociation réaliste. Cependant, d'autres relations peuvent être identifiées et ceci constitue une future voie de recherche.

La deuxième limite est aussi remarquée au niveau du modèle de négociation. En fait, nous nous sommes limités à un cadre théorique d'un processus de négociation réaliste. Nous proposons pour de futurs travaux de développer un modèle formel unique de négociation avec toutes les représentations formelles des quatorze dimensions en tenant compte des relations existantes entre elles. Dans cette thèse, nous avons commencé dans la voie de réalisation de cet objectif en proposant un modèle formel de confiance et en montrant à travers une étude de faisabilité que les autres dimensions sont formellement réalisables. Dans cette étude de faisabilité, nous avons constaté, comme troisième limite, que deux dimensions parmi les treize dimensions restantes n'ont pas été modélisées formellement dans aucun modèle de négociation étudié. Ces deux dimensions sont les règles éthiques et la créativité. Pour montrer la faisabilité de notre modèle, nous avons proposé des techniques utilisées pour représenter ces deux dimensions mais pas au niveau de la négociation. Par conséquent, la mise en œuvre de deux modèles formels pour la modélisation de ces deux dimensions s'avère une perspective intéressante.

Pour la dernière limite, dans le modèle de confiance proposé, nous avons utilisé la croyance de l'agent négociation dans le calcul de l'entité de différence des croyances. Dans notre formulation, nous avons supposé que cette valeur est fixée par le négociateur au début du processus. Néanmoins, cette croyance doit être calculée à partir de la dimension de croyance du négociateur. Pour combler cette lacune, nous essayons dans nos perspectives d'améliorer le calcul de l'entité de différence des croyances en proposant une manière de calculer formellement la croyance du négociateur. Malgré ces lacunes, nous sommes en mesure d'affirmer que notre travail de recherche constitue une étape modestement importante dans la modélisation du processus de négociation réaliste. Cette thèse constitue un point de départ vers d'autres recherches en négociation réaliste.

Références Bibliographiques

- [AB94] **Abrahama T. et Boone L.W., 1994.** Computer-based systems and organizational decision making: An architecture to support organizational innovation. *Creativity Research Journal*, 7(2) : 111-123.
- [AC07] **Antonacopoulou E. et Chiva R., 2007.** The social complexity of organizational learning: The Dynamics of Learning and Organizing. *Management Learning*, 38 (3) : 277-295.
- [AE08] **Aslan S. et Erkus A., 2008.** Measurement of Emotional Intelligence : Validity and Reliability Studies of Two Scales. *World Applied Sciences Journal*, 4(3) : 430-438.
- [AG07] **Artz D. et Gil Y., 2007.** A survey of trust in computer science and the semantic web. *Web semantics: science, services and agents*, 5 : 58-71.
- [Agu05] **Aguilar J., 2005.** A Survey about Fuzzy Cognitive Maps Papers. *International journal of computational cognition*, 3 (2) : 27-33.
- [AO07] **Aghaee, N. et Oren T.I., 2007.** Cognitive complexity and dynamic personality in agent simulation. *Computers inhuman Behavior*, 23 : 2983-2997.
- [Bar04] **Bartsch A., 2004.** Emotional communication – a theoretical model, In the IGEL-Conference.
- [Bar97] **Bar-On R., 1997.** The Emotional Quotient Inventory (EQ-i): A test of emotional intelligence. Toronto, Canada: Multi-Health Systems, Inc.
- [BC01] **Bickmore T. et Cassell J., 2001.** Relational Agents: A Model and Implementation of Building User Trust. SIGCHI'01, Seattle, WA, USA.
- [BF09] **Bittle S.A. et Fox M.S., 2009.** CHS-Soar: Introducing Constrained Heuristic Search to the Soar Cognitive Architecture. Association for the Advancement of Artificial, AGI-2009 - Published by Atlantis Press.
- [BGA05] **Banarjee S., Grosan C. et Abraham A., 2005.** Modeling crowd behavior using emotional ants. *Studia univ. Babe. Bolyai, informatica*, 1 (1) : 37-48.
- [Biv92] **Bivins, T. H., 1992.** A systems model for ethical decision making in public relations. *Public Relations Review*, 18 (4) : 365-383.
- [BKG09] **Bentahar J., Khorsavifar B. et Gomrokchi M., 2009.** Social network-based trust for agent-based services. *International conference on advanced information networking and applications workshops*, 298-303.
- [BLH00] **Balogh Z., Laclavək M. et Hluch L., 2000.** *Model of Negotiation and Decision Support for Goods and Services*. In: ASIS 2000, Czech Republic.
- [BM02] **Bolis S. et Maggi R., 2002.** Stated preference—evidence on shippers transport and logistics choice. In: Danielis, R. (Ed.), *Domanda di trasporto merci e preferenze dichiarate—Freight Transport Demand and Stated Preference Experiments (bilingual)*. F. Angeli, Milan.
- [BMAR09] **Barouni F., Mellouli S., Ait-Kadi D. et Ruiz A., 2009.** A reputation-based model for semi-competitive multi-agent systems. *International journal of intelligent information and database systems*, 3 (2) : 146-162.
- [BN08] **Brisset K. et Naegelen F., 2008.** Enchères en ligne et E-commerce. *Revue française d'économie*, 23 (1) : 165-201.
- [Bod95] **Boden M., 1995.** The creative mind: myths and mechanisms. *Artificial Intelligence*, 79 (1) : 83-96.
- [Bow04] **Bowen S., 2004.** Organizational Factors Encouraging Ethical Decision Making: An Exploration into the Case of an Exemplar. *JOURNAL OF BUSINESS ETHICS*, 52(4) : 311-324, DOI: 10.1007/s10551-004-1527-4.
- [BR04] **Brooks, B.W. et Roseb, L.R., 2004.** A contextual model of negotiation orientation. *Industrial Marketing Management*. 33 : 125–133.

- [BS01] Bichler, M. et Segev, A., 2001. Methodologies for the design of negotiation protocols on E-markets. *Computer Networks*, 37 : 137-152.
- [BSH00] Brower H.H., Schoorman F.D. et Tan H.H., 2000. A model of relational leadership : the integration of trust and leader- member exchange. *Leadership Quarterly*, 11 (2) : 227–250.
- [Bur05] Burleson W., 2005. Developing creativity, motivation, and self-actualization with learning systems. *Int. J. Human-Computer Studies*, 63 : 436-451.
- [CA07] Caminada M. et Amgoud L., 2007. On the evaluation of argumentation formalisms. *Artificial Intelligence*, 171 : 286–310.
- [Cal93] Cairnfors L., 1993. Centralisation des négociations de salaires et performances macro-économiques - une analyse. *Revue économique de l'OCDE*, 21 : 172-202.
- [Car99] Carley K.M., 1999. On the evaluation of social and organization networks. In Steven B. Andrews and David Knoke (Eds.). Vol (16) special issue of *Research in the Sociology of Organizations*. on “Networks In and Around Organizations.” JAI Press, Inc. Stamford, CT, 3-30.
- [Cas98] Castelfranchi C., 1998. Modelling social action for AI agents. *Artificial Intelligence*, 103 : 157-182.
- [CC09] Chen T.Y. et Chen Y.M., 2009. Advanced multi-phase trust evaluation model for collaboration between coworkers in dynamic virtual project teams. *Expert systems with applications*, 36 : 11172-11185.
- [CF98] Castelfranchi C. et Falcone R., 1998. Principles of trust for MAS: cognitive anatomy, social importance, and quantification. *ICMAS '98 Proceedings of the 3rd International Conference on Multi Agent Systems*.
- [CGRM09] Crainic T., Gendreau M., Rekik M. et Robert J., 2009. Cost Allocations in Combinatorial Auctions for Bilateral Procurement Markets. Centre de recherche sur les transports, Université de Montréal: Canada, Publication CRT-2009-59.
- [Cha09] Chang TS., 2009. Decision support for truckload carriers in one-shot combinatorial auctions. *Transportation research. Part B : methodological*, 43 (5): 522-541.
- [CLAC+09] Chen R., Ahmadbeygi S., Cohn A., Beil DR. et Sinha A., 2009. Solving Truckload Procurement Auctions Over an Exponential Number of Bundles. *Transportation science*, 43 (4): 493-510.
- [CM10] Carbo J. et Molina-Lopez J.M., 2010. An extension of a fuzzy reputation agent trust model (AFRAS) in the ART testbed. *Soft Comput*, 14 : 821-83.
- [Col08] Coleman D., 2008. Creative-Thinking Strategies from Excelsior Learning Ignite Innovative Business Solutions. Excelsior Learning. PR Log - Global Press Release Distribution.
- [Cos97] Cosnier J., 1997. Empathie et communication : Partager les émotions d'autrui. *Sciences humaines*, 86 : 24-26.
- [Cox05] Cox M.T., 2005. Metacognition in computation: A selected research review. *Artificial Intelligence*, 169 : 104–141.
- [CP05] Laureano-Cruces A.L. et Espinosa-Paredes G., 2005. Behavioral design to model a reactive decision of an expert in geothermal wells. *International Journal of Approximate Reasoning*, 39 : 1-28
- [CR06] César E. et Richard B., 2006. Les séries temporelles. Module XML et Data Mining, Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines.
- [Cra92] Crary D.R., 1992. Book review. *International negotiation: Analysis, approaches, issues*-Victor A. Kremenyuk, Ed. San Francisco- Jossey-Bass Publishers, 1991, 486 pp. *International Journal of Intercultural Relations*, 16 : 237-241.
- [CS06] Caplice C. et Sheffi Y., 2006. Combinatorial auctions for truckload transportation. In: Cramton P, Shoham Y and Steinberg R(eds). *Combinatorial Auctions*. MIT Press: Cambridge, MA, 539-571.
- [CTY06] Chater N., Tenenbaum J.B. et Yuille A., 2006. Probabilistic models of cognition: Conceptual foundations. *TRENDS in Cognitive Sciences*, 10 (7) : 278-291.
- [DMR05] Danielis R., Marcucci E. et Rotaris L., 2005. Logistics managers' stated preferences for freight service attributes. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 41(3) : 201–215.

- [DSW11] Denko M.K., Sun T. et Woungang I., 2011. Trust management in ubiquitous computing: a bayesian approach”, Computer Communications, 34 (3) : 398–406.
- [Dun10] Le Dunff, A., 2010. A Tokyo, le plus grand marché au poisson au monde rouvre aux touristes. Aujourd'hui le Japon. [En ligne] <http://japon.aujourdhui.com/tokyo-le-plus-grand-marche-au-poisson-au-monde-rouvre-aux-touristes>. (Consultée le 10 Mars 2011)
- [EAZ09] Esmaeili M., Aryanezhad M.B. et Zeepongsekul P., 2009. A game theory approach in seller–buyer supply chain. European Journal of Operational Research, 195 : 442–448.
- [EC01] Esfandiari B. et Chandrasekharan S., 2001. On How Agents Make Friends: Mechanisms for Trust Acquisition. 4th Workshop on Deception, Fraud and Trust in Agent Societies, Montréal, Canada.
- [Eli05] Eliasmith, C., 2005. Cognition with neurons: A large-scale, biologically realistic model of the Wason task. In G. Bara, L. Barsalou, and M. Bucciarelli (Eds). Proceedings of the 27 th Annual Meeting of the Cognitive Science Society. Stresa , Italy.
- [EMS10] Ebrahimnejad S., Mousavi S.M. et Seyrafiapour H., 2010. Risk identification and assessment for build–operate–transfer projects: A fuzzy multi attribute decision making model. Expert Systems with Applications, 37 : 575–586.
- [Fau99] Faure G., 1999. The CULTURAL Dimension of NEGOTIATION. Group Decision and Negotiation, 8 : 187–215.
- [FDF08] Forgeta P., D'Amoursa S. et Frayret J.M., 2008. Multi-behavior agent model for planning in supply chains: An application to the lumber industry. Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, 24 : 664–679.
- [FDFG09] Forget P., D'Amours S., Frayret J.M. et Gaudreault J., 2009. Study of the performance of multi-behaviour agents for supply chain planning. Computers in Industry, 60 : 698-708.
- [FMDF08] Forget P., Monteiro T., D'Amours S. et Frayret J., 2008. Collaborative agent based negotiation in SC Planning using multi behaviour agent. CIRRELT. Montréal. Canada.
- [FSJ98] Faratin P. Sierra C. et Jennings N.R., 1998. Negotiation decision functions for autonomous agents. Robotics and Autonomous Systems, 24 : 159-182.
- [GG96] Grunig J. E. et Grunig L. A., 1996. Implications of symmetry for a theory of ethics and social responsibility in public relations. Papier Présenté dans the Public Relations Interest Group International Communication Association, Chicago.
- [Gil94] Gilbert M., 1994. Multi-modal argumentation. Philosophy of Social Sciences, 24(2): 159-177.
- [GKT08] Griffiths T.L., Kemp C. et Tenenbaum J.B., 2006. Bayesian models of cognition. In Ron Sun (ed.), The Cambridge handbook of computational cognitive modeling. Cambridge University Press.
- [GML08] Golden J., Moy H.M. et Lyons.A., 2008. The Negotiation Counsel Model: An Empathetic Model for Settling Catastrophic Personal Injury Cases. Harvard Negotiation Law Review, 13 : 212-247.
- [Gra91] Grant T.J., 1991. A review of multi-Agent Systems techniques, with application to Columbus User Support Organisation. Future Generation Computer Systems, 7 (92) : 413-437.
- [GRS95] Gibson B., Ray M. et Sink H., 1995. Supplier certification: Application to the purchase of industrial transportation services. Logistics and Transportation Review, 31 (1): 63–75.
- [Gru92] Grunig J.E., 1992. Excellence in public relations and communication management. Ed: Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- [Gut07] Guth W., 2007. Book review. Negotiation, Decision Making and Conflict Management. Journal of Economic Psychology, 28 : 416–427.
- [GV98] Gergaud O. et Vignes A., 1998. Emergence du phénomène de réputation, le vin de Champagne : entre savoir-faire et faire savoir. Communication au colloque de la Vineyard Data Quantification Society, Ajaccio.
- [Hay94] Hayes-Roth B., 1994. Integrating real-time AI techniques in adaptive intelligent agents. IFAC Artificial Intelligence inreal Time Control, Valencia. Spain.

- [HD09] Haghpanah Y. DesJardins M., 2009. A trust model for agent-organized networks. Association for the advancement of artificial intelligence.
- [Her11] Herlemont D., 2011. Volatilité et moyennes mobiles. Cours en moyennes mobiles R.
- [Hil12] Hill E.F., 2012. Jess, the rule engine for the java platform. [En ligne] <http://herzberg.ca.sandia.gov/jess/docs/70/>. (Consultée le 31 Janvier 2012).
- [HJ01] Hadj Kacem A. et Jmaiel M., 2001. A Negotiation Formal Model for Cooperating Agents. Proceedings of the AAAI Workshop on Negotiation Methods for Autonomous Cooperative Systems, North Falmouth, Massachusetts, USA.
- [HL10] Huang S. et Lin C.Y., 2010. The search for potentially interesting products in an e-marketplace: An agent-to-agent argumentation approach. *Expert Systems with Applications*, 37 (6) : 4468–4478.
- [HLLL10] Huang C., Liang W. Lai Y. et Lin Y., 2010. The agent-based negotiation process for B2C e-commerce. *Expert Systems with Applications*, 37 : 348–359.
- [HVD98] Hafid A., Von Bochmann G. et Dssouli, R., 1998. A quality of service negotiation approach with future reservations (NAFUR): a detailed study. *Computer Networks and ISDN Systems*, 30 : 777–794.
- [IA08] Indiramma M. et Anandakumar K.R., 2008. TCM: A Trust Model for collaborative decision making in Multi-agent System. *IJCSNS International journal of computer science and network security*, 8 (11) : 69-75.
- [JD09] Jain V. et Deshmukh S.G., 2009. Dynamic supply chain modeling using a new fuzzy hybrid negotiation mechanism. *Int. J. Production Economics*, 122 : 319–328.
- [JVH06] Jiang H., Vidal J. et Huhns M.N., 2006. Incorporating Emotions into Automated Negotiation. Proceedings of the Agent Construction and Emotions Workshop.
- [JXZZ05] Jiang Y.C., Z. Y. Xia Z.Y., Zhong Y.P. et Zhang S.Y., 2005. Autonomous trust construction in multi-agent systems- a graph theory methodology. *Advances in engineering software*, 36 : 59-66.
- [Ker02] Kersten E.G., 2002. Negotiation Processes. *Electronic Negotiation Media and Electronic transaction*.
- [KGBT09] Khosravitar B., Gomrokchi M., Bentahar J. et Thiran P., 2009. Maintenance-based trust for multi-agent systems. 8th international conference on autonomous agents and multiagent systems, Budapest, Hungary. 1017-1024.
- [KM06] Klabi H. et Mellouli K., 2006. A negotiation model for the Supply chain based on creative multi agent. The International Conference on Service Systems & Service Management IEEE/SSSM'06 Troyes France.
- [KT09] Koumoutsos G. et Thramboulidis K., 2009. A knowledge-based framework for complex, proactive and service-oriented e-negotiation systems. *Electron Commer Res*, 9 : 317–349, DOI 10.1007/s10660-009-9040-6.
- [KT09b] Kovac D. et Trcek D., 2009. Qualitative trust modeling in SOA. *Journal of Systems Architecture*, 55 : 255-263.
- [KW82] Kreps D. et Wilson R., 1982. Sequential Equilibria. *Econometrica*, 50 : 863–894.
- [KY02] Kanawattanachai P. et Yoo Y., 2002. Dynamic nature of trust in virtual teams. *Journal of Strategic Information Systems*, 11 : 187–213.
- [Lar01] Larceneux F., 2001. Proposition d'une échelle de mesure de la crédibilité d'un signe de qualité. Centre de recherche DMSP, 1-16.
- [LC04] Lin R.J. Chou S.T., 2004. Mediating a bilateral multi-issue negotiation. *Electronic Commerce. Research and Applications*, 3 : 126–138.
- [LCN90] Levesque H.J. Cohen P.R. et Nunes J.H.T., 1990. On acting together. *AUTOMATED REASONING*. 94-99.

- [Lee06] Lee M.D., 2006. A Hierarchical Bayesian Model of Human Decision-Making on an Optimal Stopping Problem. *Cognitive Science*, 30 : 1–26.
- [LJSL+03] Luo X. Jennings N.R., Shadbolt N. Leung H. et Lee J.H., 2003. A fuzzy constraint based model for bilateral, multi-issue negotiations in semi-competitive environments. *Artificial Intelligence*, 148 : 53–102.
- [LLYY09] Lu G., Lu J., Yao S. et Yip J., 2009. A review on computational trust model for multi-agent systems. *The open information science journal*, 2 : 18-25.
- [LPS00] Leyton-Brown K., Pearson M. et Shoham Y., 2000. Towards a universal test suite for combinatorial auction algorithms. In: Jhingran A, Mason JM and Tygar D (eds). *Proceedings of the ACM Conference on Electronic Commerce (ACM-EC)*. ACM: New York, 66–76.
- [LRP08] Louta M., Roussaki I. et Pechlivanos L., 2008. An intelligent agent negotiation strategy in the electronic marketplace environment. *European Journal of Operational Research*, 187 : 1327–1345.
- [LW07b] Lau R.Y.K. et Wong O., 2007. Mining Negotiation Knowledge for Adaptive Negotiation Agents in e-Marketplaces. *Proceedings of the 40th Hawaii International Conference on System Sciences*.
- [LWN08] Lopes F. Wooldridge M. et Novais A.Q., 2008. Negotiation among autonomous computational agents: principles, analysis and challenges. *Artif Intell Rev*, 29 : 1–44.
- [LXZC08] Li B., Xing M., Zhu J. et Che T., 2008. A dynamic trust model for the multi-agent systems. *International symposiums on information processing*, 500-504.
- [LY09] Lee C.C. et Ou-Yang C., 2009. A neural networks approach for forecasting the supplier's bid prices in supplier selection negotiation process. *Expert Systems with Applications*. 36 : 2961–2970.
- [LZO04] Lam Y.H., Zhnag Z. et Ong K.L., 2004. A reputation-based trust model for agent societies. *LNAI*, 3157 : 979-980.
- [Mar94] Marsh S.P., 1994. Formalising Trust as a computational concept. *Thèse de Doctorat en informatique : Département d'informatique et de mathématique, University de Stirling*, pp 184.
- [Mat01] Mataric M.J., 2001. Learning in behavior-based multi-robot systems- policies, models, and other agents. *Journal of Cognitive Systems Research*, 2 : 81-93.
- [MBL02] Maier G., Bergman E. et Lehner P., 2002. Modelling preferences and stability among transport alternatives. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 38 (5) : 319–334.
- [MDH97] Murphy P.R., Daley J.M. et Hall P.K., 1997. Carrier selection: Do shippers and carriers agree, or not?. *Transportation Research Part E*, 33 (1) : 67–72.
- [Men03] Menezes F., 2003. Complementing search engines with online web mining agents. *Decision Support Systems*, 35 : 195-212.
- [MLG02] Mangan J., Lalwani C. et Gardner B., 2002. Modelling port/ferry choice in RoRo freight transportation. *International Journal of Transportation Management*, 1 : 15–28.
- [MNMR+06] Marreiros G., Novais P., Machado J., Ramos C. et Neves J., 2006. An Agent based Approach to Group Decision Simulation using Argumentation. *Proceedings of the International Multiconference on Computer Science and Information Technology*, 263–270.
- [Mol10] Moldovan A.M., 2010. Operational profitability of targets in Central Eastern European manufacturing sector, *Thèse de Doctorat en économie : Utrecht University*, pp 50.
- [MP07] Martinelli F. et Petrocchi M., 2007. On relating and integrating two trust management frameworks. *Electronic Notes in Theoretical Computer Science*, 168 : 191-205.
- [MTG94] Makki S.S. Tweeten L. et Gleckler J., 1994. Agricultural trade negotiations as a strategic game. *Agricultural Economics*, 10 : 71-80.
- [MXR06] Mohan K., Xu P. et Ramesh B., 2006. Supporting dynamic group decision and negotiation processes- A traceability augmented peer-to-peer network approach. *Information & Management*, 43 : 650–662.

- [Nan06] Nandiraju S., 2006. Strategic freight transportation contract procurement. Thèse de Doctorat en ingénierat civile : University of California, pp 261.
- [Nin06] Nisan N., 2006. Bidding languages for combinatorial auctions. In: Cramton PY and Shoham RS (eds). Combinatorial Auctions.Ch. 9. MIT Press: Cambridge, MA.
- [NU10] Noorian Z. et Ulieru M., 2010. The state of the art in trust and reputation systems: a framework for comparison. Journal of theoretical and applied electronic commerce research, 5 (2) : 97-117.
- [OKH09] Obeidi A., Kilgour M. et Hipel K.W., 2009. Perceptual Graph Model Systems. Group Decision and Negotiation, 18 (3) : 261-277.
- [Orc01] Orchard R., 2001. Fuzzy Reasoning in Jess: The FuzzyJ Toolkit and FuzzyJess. Proceedings of the ICEIS 2001, Third International Conference on Enterprise Information Systems, Setubal, Portugal. 533-542.
- [Ove60] Overall J.E., 1960. A cognitive probability model for learning. PSYCHOMETRIKA, 25 (2) : 159-172.
- [OXA08] Ourdev I., Xie H. et AbouRizk S., 2008. An Intelligent Agent Approach to Adaptive Project Management. TSINGHUA SCIENCE AND TECHNOLOGY, 13 : 121-125.
- [Pal02] Pallier C., 2002. Exemples d'analyses de variance avec R. INSERM U562, SHFJ CEA, Orsay.
- [Per07] Perlovsky L., 2007. Cognitive high level information fusion. Information Sciences, 177 : 2099-2118.
- [Pet08] Peterson J.K., 2008. Building Autonomous Cognitive Models. Thèse de Doctorat en sciences mathématique : Université de Clemson, pp 124.
- [PJ02] Panzarasa P. et Jennings N.R., 2002. Social influence, negotiation and cognition. Simulation Modelling Practice and Theory, 10 : 417-453.
- [Por98] Pordesch U., 1998. Negotiating security among end users: concept and test in a simulation study for the public health service. Computer Networks and ISDN Systems, 30 : 1597-1605.
- [PSS06] Peter C., Shoham Y. et Steinberg R., 2006. Enchères combinatoires. Pression de MIT, pp649, ISBN 0-262-03342-9.
- [PTGX11] Perfors A., Tenenbaum J.B., Griffiths T.L. et Xu F., 2011. A tutorial introduction to Bayesian models of cognitive development. Cognition, 120 (3) : 302-321.
- [PVDP08] Pietroni D., Van Kleef G.A., De Dreu C.K.W. et Pagliaro S., 2008. Emotions as strategic information: Effects of other's emotional expressions on fixed-pie perception, demands, and integrative behavior in negotiation. Journal of Experimental Social Psychology, 44 (6) : 1444-1454
- [Rao87] Rao S.S., 1987. Game theory approach for multi-objective structural optimization. Computer & Structures, 25 (1) : 119-127.
- [RAU03] Ren Z. Anumba C.J. et Ugwu O.O., 2003. The development of a multi-agent system for construction claims negotiation. Advances in Engineering Software, 34 : 683-696.
- [RCC09] Rau H., Chen T.F. et Chen C.W., 2009. Develop a negotiation framework for automating B2B processes in the RosettaNet environment using fuzzy technology. Computer & Industrial Engineering, 56 : 736-753.
- [RFPB05] Rehak M., Foltyn L., Pechoucek M. et Benda P., 2005. Trust model for open ubiquitous agent systems. Proceedings of the IEEE/WIC/ACM international conference on intelligent agent technology.
- [RJSG03] Ramchurn S.D., Sierra C., Jennings N.R. et Godo L., 2003. A computational trust model for multi-agent interactions based on confidence and reputation. In: 6th International Workshop of Deception, Fraud and Trust in Agent Societies, Melbourne, Australia, 69-75.
- [RM12] Rekik M. et Mellouli S., 2012. Reputation-based winner determination problem for combinatorial transportation procurement auctions. Journal of the Operational Research Society, 1 (10) : 1-10, doi:10.1057/jors.2011.108.
- [Ros10] Anonyme, 2010. Site web du Rosettanet. [En ligne] <http://www.rosettanet.org/>. (11 Mars 2010).

- [RRJMP+04] **Rahwan I., Ramchurn S.D., Jennings N.J., McBurney P., Parsons S. et Sonenberg L., 2004.** Argumentation-based negotiation. *The Knowledge Engineering Review*, 18 (4) : 343–375.
- [RWD02] **Rosenblatt J., Williams S. et Durrant-Whyte H., 2002.** A behavior-based architecture for autonomous underwater exploration. *Information Sciences*, 145 : 69–87.
- [RZNL+05] **Ryutov T., Zhou L., Neuman C., Leithead T. et Seamons, K.E., 2005.** Adaptive Trust Negotiation and Access Control. SACMAT'05, Stockholm, Sweden.
- [SB98] **Sondak H. et Bazerman M.H., 1998.** Matching and negotiation processes in quasi-markets. *Organizational behavior and human decision processes*, 4 : 261-280.
- [Sch05] **Schleiffer R., 2005.** An intelligent agent model. *European Journal of Operational Research*, 166 : 666–693.
- [Sha83] **Shapiro C., 1983.** Premiums for High Quality Products as Returns to Reputations. *Quarterly Journal of Economics*, 98 : 659-679.
- [She04] **Sheffi Y., 2004.** Combinatorial auctions in the procurement of transportation services. *Interfaces*, 34(4) : 245-252.
- [SLGW02] **Shen W., Li Y., Ghenniwa H.H. et Wang C., 2002.** Adaptive Negotiation for Agent-Based Grid Computing. In: *Proceedings of the Agentcities/Aamas*, 5 : 32–36.
- [SNR09] **Sathiyamoorthy E., Narayana Inyenger N.Ch.S. et Ramchandran V., 2009.** Agent based trust management model based weight value model for online auctions. *International journal of network security & its applications*, 1 (3) : 15-31.
- [SS01] **Sabater J. et Sierra C., 2001.** Social ReGreT, a reputation model based on social relations. In: *Proceedings of the Fourth Workshop on Deception, Fraud and Trust in Agent Societies*, Montréal, Canada, 61–69.
- [SS01b] **Sabater J. et Sierra C., 2001.** REGRET: a reputation model for gregarious societies. AGENTS'01 Proceedings of the fifth international conference on Autonomous agent.
- [SS05] **Sabater J. et Sierra C., 2005.** Review on computational trust and reputation models. *Artificial intelligence review*, 24 : 33-60.
- [SW09] **Salehi-Abari A. et White T., 2009.** Towards con-resistant trust models for distributed agent systems. In *IJCAI'09: Proceedings of the 21st international joint conference on Artificial intelligence*, 272-277.
- [Syc90] **Sycara K.P., 1990.** Persuasive Argumentation in Negotiation. *Theory and Decision*, 28 (3) : 203-242.
- [Tar10] **Tardieu P., 2010.** LES DOSSIERS DE L'OBSERVATOIRE TRANSPORTS / EUROPE : Le transport intermodal en Europe, Observatoire des politiques et des stratégies de transport en Europe, Conseil National des Transports.
- [TB09] **Tsay C.J. et Bazerman M.H., 2009.** A Decision-Making Perspective to Negotiation: A Review of the Past and a Look to the Future. *Negotiation Journal*, 25 (4) : 467–480.
- [Til05] **Tilley E., 2005.** The ethics pyramid: Making ethics unavoidable in the public relations process. *Journal of Mass Media Ethics*, 20 (4) : 305-320.
- [Tir88] **Tirole J., 1988.** *The Theory of Industrial Organization*, Cambridge, MA : MIT Press, pp 1119.
- [TMFR+08] **Tafreschi O., Mahler D., Fengel J., Rebstock M. et Eckert C., 2008.** A reputation system for electronic negotiations. *Computer standards & interfaces*, 30 : 351-360.
- [TWKZ95] **Teich J.E., Wallenius H., Kuula M. et Zionts S., 1995.** A decision support approach for negotiation with an application to agricultural income policy negotiations. *European Journal of Operational Research*, 81 : 76-87.
- [UJM97] **Ury C.J., Johnson C.V. et Meldrem J.A., 1997.** Teaching a Heuristic Approach to Information Retrieval. *Research Strategies*, 15 (1) : 39-47.
- [USC12] **University of Southern California., 2012.** Generic Authorization and Access-control API (GAA-API). [En ligne] <http://gost.isi.edu/info/gaaapi/>. (consultée le 31 Janvier 2012).

- [Van07] **Van Kleef G.A., 2007.** Emotion in Conflict and Negotiation: Introducing the Emotions as Social Information (EASI) Model. University of Amsterdam, The Netherlands.
- [Ver04] **Verrons M., 2004.** Modèle de négociation de contrats entre agents. Thèse de Doctorat en Informatique : Université des Sciences et Technologies de Lille, France : Lille. pp 196.
- [VJW09] **Van Santen W., Jonker C. et Wijngaards N., 2009.** Crisis Decision Making Through a Shared Integrative Negotiation Mental Model. Proceedings of the 6th International ISCRAM Conference – Gothenburg, Sweden.
- [WF07] **Wanyama T. et Far B.H., 2007.** A protocol for multi-agent negotiation in a group-choice decision making process. *Journal of Network and Computer Applications*, 30 : 1173–1195.
- [Win12] **Winslett M., 2012.** TrustBuilder Overview. [En ligne] <http://dais.cs.uiuc.edu/dais/security/trustb.php>. (Consultée le 31 Janvier 2012).
- [Win79] **Winston C.M., 1979.** A Disaggregated Qualitative Mode Choice Model for Intercity Freight Transportation. Dissertation-thesis, MIT Press, Massachusetts.
- [WP89] **Wang Q. et Parlar M., 1989.** Static game theory models and their applications in management science. *European Journal of Operational Research*, 42 : 1-21.
- [WPHG99] **Weingart L.R., Prietula M.J., Hyder E.B. et Genovese C.R., 1999.** Knowledge and the Sequential Processes of Negotiation- A Markov Chain Analysis of Response-in-Kind. *Journal of Experimental Social Psychology*, 35 : 366–393.
- [WS97] **Wolters H. et Schuller F., 1997.** Explaining supplier-buyer partnerships: a dynamic game theory approach. *European Journal of Purchasing & Supply Management*, 3 (3) : 155-164.
- [WV04] **Wang Y. et Vassileva J., 2004.** Bayesian Network trust model in peer-to-peer networks. Proceeding IEEE/WIC International conference on web intelligence, IEEE Press, 24-31.
- [XSLO+09] **Xue X. Shen Q., Li H., O'Brien W.J. et Ren Z., 2009.** Improving agent-based negotiation efficiency in construction supply chains: A relative entropy method. *Automation in Construction*, 18 : 975–982.
- [XW06] **Xu D. et Wang H., 2006.** Intelligent agent supported personalization for virtual learning environments. *Decision Support Systems*, 42 : 825-843.
- [Yen02] **Yen B.P.C., 2002.** Communication infrastructure in distributed scheduling. *Computers & Engineering*, 42 : 149-161.
- [YL99] **Young R.M. et Lewis R.L., 1999.** The Soar cognitive architecture and human working memory. Models of working memory: Mechanisms of active maintenance and executive control, 224-256.
- [YYN01] **Yuasa N., Yasumura Y. et Niti'A K., 2001.** Incorporating Emotions into Automated Negotiation. IFSA World Congress and 20th NAFIPS International Conference, 5 : 2906 -2911.
- [ZP08] **Zuo Y. et Panda B., 2008.** Two-level trust-based decision model for information assurance in a virtual organization. *Decision Support Systems*, 45 : 291-309.
- [ZS96] **Zeng, D. et Sycara, K., 1996.** How Can Agent Learn to Negotiate?. Dans: Intelligent agents III, ECAI '96 Workshop, 233-244.
- [ZWL+07] **Zhai D., Wu Y., Lu J. et Yan F., 2007.** A Fuzzy Negotiation Model with Genetic Algorithms. *IFIP Advances in Information and Communication Technology*. 251 : 35-43, DOI: 10.1007/978-0-387-75466-6_5.

Résumé:

L'objectif central de la présente thèse est de répondre à la question relative à la simulation d'une négociation réaliste entre des agents intelligents pour la réalisation d'une activité de gestion. Une revue de la littérature permet de déceler quatorze dimensions aptes à refléter les conditions nécessaires d'une négociation réaliste. Ces dimensions sont liées à (1) l'environnement externe de négociation (l'environnement, la perception, la communication et les données incertaines), 2) à l'état mental du négociateur (l'émotion, la croyance, l'apprentissage, la confiance, la base de connaissances et les règles d'éthiques) et (3) au comportement du négociateur (le comportement, la stratégie, la rationalité et la créativité). Un modèle théorique de négociation mettant en relation ces dimensions a été proposé comme première contribution théorique de ce travail. La validation de ce modèle est faite par une première étude portant sur l'analyse du taux d'intégration des dimensions de négociation identifiées dans vingt modèles proposés dans la littérature entre 2000 et 2010. Nous avons aussi comparé, dans une deuxième étude entre le modèle proposé et un modèle théorique proposé par Lopez et al. (2008). Parmi les dimensions définies du modèle d'une négociation réaliste, un intérêt considérable dans la littérature a été porté pour la dimension de la confiance. Cette dimension représente un facteur d'influence pour établir et gérer les interactions fiables entre des agents intelligents. Un modèle mathématique de calcul de la confiance est proposé. Ce modèle est conçu sur la base de trois entités (la réputation directe de l'agent cible, la réputation indirecte et la différence de croyance entre les deux agents négociateurs) et cinq paramètres (le domaine de la négociation, le poids de l'arrangement, le temps de l'arrangement, le degré de fiabilité et le degré d'importance d'un agent négociateur vis-à-vis d'un autre) relatifs à la confiance. Le cas des enchères combinatoire de transport est utilisé pour mesurer la valeur ajoutée de la prise en considération du degré de confiance dans la détermination du transporteur vainqueur. Les résultats empiriques montrent que l'usage du modèle de confiance proposé permet une diminution dans les coûts totaux estimés en comparaison au modèle classique et à celui de Rekik et Mellouli (2012). La thèse a été achevée par une étude de faisabilité de modèle théorique de négociation en totalité en montrant la possibilité de réalisation formelle des treize dimensions de négociation restantes à travers l'exposition des différentes techniques informatiques utilisées dans ce sens. Notre travail constitue un point de départ important et une étape intéressante dans la modélisation de processus de négociation réaliste.

Mots-clés: Négociation Réaliste, Dimensions de Négociation, Confiance, Les Systèmes Multi-agents, l'environnement Réel de Négociation, Enchère Combinatoire de Transport.

Abstract:

The central objective of the present research is to answer the question related to the simulation of a realistic negotiation between intelligent agents for the fulfillment of a management activity. A review of the literature helps in identifying fourteen dimensions that must be considered when developing a realistic negotiating agent. These dimensions are connected to (1) the external environment of negotiation (the environment, the perception, the communication, and the uncertain data), (2) the mental state of the negotiator (emotion, belief, learning, trust, knowledge base, and rules of ethics), and (3) the negotiator's behavior (behavior, strategy, rationality, and creativity). A theoretical model of negotiation that relates these dimensions is proposed as the first theoretical contribution to this work. The validation of this model is first of all made by a study concerning the analysis of the integration rates of the dimensions of negotiation identified in twenty models proposed in the literature between 2000 and 2010. We also compared, in a second study, between the proposed model and the theoretical one proposed by Lopez and al. (2008). Among the dimensions defined by the model of the realistic negotiation was the dimension of trust which was given great attention. This dimension represents an effective factor in establishing and managing the reliable interactions between intelligent agents. Based on an extensive literature review, we address a combinatory formula that computes trust towards a target agent in a negotiation. This formula includes three elements which are the direct reputation of the target agent, the indirect reputation of the target agent, and the difference of beliefs between the two negotiating agents. These elements are computed through five parameters: the negotiation field, the arrangement weight, the arrangement time, the reliability degree, and the importance degree of the target negotiating agent. The proposed trust model is applied in the case study of a combinatorial auction between one shipper and a set of carriers. An application of this model in the case of a transportation auction reveals that the integration of the trust dimension shows better results compared classic and Rekik and Mellouli (2012) models. We have exposed some recommendations for the negotiating expert to use when selecting negotiating strategies. The thesis ends up with a study on the feasibility of the whole theoretical model of negotiation by showing the possibility of formal realization of the thirteen remaining dimensions of negotiation through the exhibition of the various computing techniques used in this sense. Our work constitutes an important starting point and an interesting stage in the modeling of the process of realistic negotiation.

Keywords: Realistic Negotiation, Negotiation Dimensions, Trust, Multi-agent System, Transport combinatorial auction.