Thèse / ISGT / Octobre11
Mme Dalel KANZARI MAHOU Contribution à une approche d'agent hybride combinant les comportements tempéramentaux et rationnels : application à la simulation de processus de négociation bilatérale automatisée

Université de Tunis
Institut Supérieur de Gestion
Ecole Doctorale Sciences de Gestion

Contribution à une approche d'agent hybride combinant les comportements tempéramentaux et rationnels : application à la simulation de processus de négociation bilatérale automatisée

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

Présentée et soutenue publiquement par:
Mme Dalel KANZARI MAHOU

Le 08 Octobre 2011

Membres du Jury:

♦ *Mme. Tayssir Maalla LOUKIL*	*:Professeur*	*à l'Université de Sfax*	*:Président*
♦ *M. Khaled MELLOULI*	*:Professeur*	*à l'Université de Carthage*	*:Directeur de thèse*
♦ *M. Kurosh MADANI*	*:Professeur*	*à l'Université de Paris XII*	*:Co-directeur*
♦ *Mme Jouhaina CHAOUACHI*	*:M.de Conf.*	*à l'Université de Carthage*	*:Rapporteur*
♦ *Mme Saoussen KRICHEN*	*:M.de Conf.*	*à l'Université de Tunis*	*:Rapporteur*
♦ *M. Med HAOUARI*	*:Professeur*	*à l'Université de Carthage*	*:Membre*

Année Universitaire 2010-2011

Ministère de l'Enseignement Supérieur, de la Recherche Scientifique et de la Technologie

Université de Tunis

Institut Supérieur de Gestion de Tunis

Contribution à une approche d'agent hybride combinant les comportements tempéramentaux et rationnels : application à la simulation de processus de négociation bilatérale automatisée

Dédicaces

A ma très chère Maman

A mon mari Ramzi, ma petite Wala, et mon petit ange Iyed

A mes frères Anouar, Ramzi , Mourad, et Hassen, et mes sœurs Manel et Ikbel

A la mémoire de ma grande mère Kafia

A mon beau père et ma belle mère Saîed et Souâd

A mon oncle Abdelkader

A mon oncle Abdelrahim

A mon oncle Wahid

A ma belle sœur Imen et son mari Mohamed, et mon beau frère Houcem

A houwaida, Najwa, et Amel

A mes tantes Khadija, Saida, et Monia

A mes petites sœurs Hadil, Sinda, et Fadwa

A mes oncles, Abdelmajed, et Abdelsattar

A tous les membres de la famille Kanzari

A tous les membres de la famille Mahou

A tous les membres de la famille Makri

A mes amies Yosra, et Raoudha

A tous mes amis

A tous mes collègues et personnels de la FSEG

Qu'ils trouvent dans ce travail l'expression de mes sentiments d'amour et d'attachement profond

Dalel

Remerciements

Il est toujours délicat de remercier l'ensemble des personnes qui ont contribué à l'aboutissement de mes travaux de recherche. Que ceux qui ne sont pas mentionnés ne m'en tiennent pas rigueur.

Je tiens tout d'abord à remercier mes directeurs de thèse Monsieur le ***Professeur Khaled Mellouli****, Directeur du Laboratoire LARODEC (Laboratoire de Recherche Opérationnelle, de Décision et de Contrôle de Processus), et Monsieur le* ***Professeur Kurosh Madani****, Directeur de l'équipe SCTIC du Laboratoire LISSI (Images, Signaux et Systèmes Intelligents) à l'université de Paris XII-Val-de-Marne, qui m'ont accueilli dans leurs laboratoires de recherches et qui ont su canaliser mon travaux de recherches doctoraux, ce dont je leur suis très reconnaissante.*

Mes très sincères remerciements à Monsieur le ***Directeur Amine Chohra****, pour toute l'attention qu'il m'a portée, sa disponibilité et son soutien inconditionnel au cours de ces années de recherches. Merci infiniment Monsieur Amine.*

Je remercie également tous les membres du laboratoire LARODEC pour leur accueil et leur disponibilité.

Je remercie également tous les membres du Laboratoire LISSI qui m'ont accueillie et qui m'ont permis de m'épanouir dans mes recherches.

Enfin, merci du fond du cœur à toute ma famille ainsi qu'à tous mes amis pour leur soutien inestimable et les bons moments partagés.

Mention spéciale à ma très chère ***Maman Halima Makri*** *qui m'a toujours soutenu et fait confiance pendant ces longues années d'études, et à mon cher* ***Mari Ramzi Mahou*** *pour son soutien moral et son encouragement continu tout au long de ma thèse.*

Merci beaucoup à tous.

Table des matières

Chapitre 1: Introduction générale 12

Chapitre 2: Modélisation de la négociation automatisée 18

I. Introduction 18

II. Le processus de la négociation automatisée 19

1. Architecture de la négociation automatisée bilatérale 19

2. Modèle générique de la négociation automatisée 21

3. Protocole de la négociation automatisée 22

4. Les phases de la négociation automatisée 22

5. Les objets de la négociation automatisée 23

6. Les types de la négociation automatisée 24

III. Les modèles de négociation automatisée 24

1. Théorie de la décision Probabiliste 24

2. Le raisonnement basé sur les contraintes 25

3. Apprentissage Bayésien 25

4. La stratégie des jeux: 25

IV. Conclusion 27

Chapitre 3: L'approche rationnelle de négociation 28

I. Introduction 28

II. Le jeu de négociation bilatérale 28

III. Equilibre des sous-jeux de négociation 35

1. Equilibre parfait de Nash en sous-jeux 35

2. Amélioration de la solution de Nash: 38

3. Résolution par le théorème Kuhn –Tucker: 40

IV. Evaluation Et Validation de l'approche rationnelle 42

1. Environnement et paramètres de négociation: négociation du prix d'un bien entre un acheteur et un vendeur: 43

2. Mesures d'Evaluation 44

3. Protocole expérimental: 45

V. Conclusion 53

Chapitre 4: L'approche floue basée sur l'un des aspects de la personnalité d'un agent négociateur : le tempérament 54

I. Introduction 54

II. Modélisation de la négociation bilatérale 55

III. Le modèle de négociation basé sur la personnalité 57

1. Contrôle des caractères 59

2. Mise à jour des caractères 68

3. Evaluation du caractère dominant 69

4. Mise à jour de la proposition 73

5. Système flou de négociation basé sur la personnalité 78

IV. Evaluation ET Validation de l'approche basée sur la personnalité Floue 81

1. Environnement et Paramètres de négociation: La négociation du prix d'un bien entre un acheteur et un vendeur 81

2. Mesures d'Evaluation 82

3. Protocole Expérimental 83

V. Conclusion 97

Chapitre 5: L'approche combinée basée sur la rationalité et la personnalité de l'agent négociateur 99

I. Introduction: 99

II. Modélisation de l'agent Perso-Rationnel 100

1. Le raisonnement flou basé sur la personnalité 101

2. Le raisonnement rationnel 102

3. La conduite de la négociation 104

4. Evaluation de l'influence de la personnalité 107

5. Evaluation du degré de rationalité de l'agent: 111

III. Evaluation ET Validation de l'approche Perso-Rationnelle 118

1. Environnement et paramètres de négociation: La négociation du prix d'un bien entre un acheteur et un vendeur 118

2. Mesures d'Evaluation 119

3. Protocole Expérimental 120

IV. Conclusion 132

Chapitre 6: Conclusion 135

Annexe 1: Modélisation de l'agent intelligent pour le processus de la négociation automatisée 140

I. Introduction: 140

II. L'agent intelligent: 140

III. L'agent intelligent négociateur : 141

IV. Application de l'agent intelligent dans la négociation automatisée 146

V. Conclusion 147

Annexe 2: La Logique Floue pour la représentation des connaissances 148

I. Introduction 148

II. Les concepts de base de la logique floue 150

III. Le Modèle d'inférence floue 152

IV. Conclusion 157

Annexe 3: Stratégie des jeux pour l'analyse de la négociation automatisée 158

I. Introduction 158

II. Présentation de la forme stratégique d'un jeu 158

III. La théorie des jeux statiques en information complète 159

IV. La théorie des jeux dynamiques en information complète 162

V. Domaine d'application de la stratégie des jeux 164

VI. Conclusion 165

Annexe 4: Les tables des expérimentations de l'approche rationnelle 166

Annexe 5: Les tables des expérimentations de l'approche floue basée sur la personnalité (le tempérament).....167

Annexe 6: Expérimentations de l'approche Perso-Rationnelle 177

Tables des Figures

Figure 1: Modèle générique de la négociation bilatérale 20

Figure 2: Le diagramme de flot de donnée du processus de négociation.....21

Figure 3: Les tours de négociation d'une négociation bilatérale entre deux agents (a) et (v).....29

Figure 4: Le modèle de négociation de point de vue agent (a) 31

Figure 5: Arbre du processus de négociation bilatérale 32

Figure 6: Les sous-jeux d'un processus de négociation bilatérale 36

Figure 7: les limites de la zone d'accord entre un acheteur et un vendeur 43

Figure 8: Les utilités moyennes des différentes stratégies des négociations réussies et échouées 50

Figure 9: Les utilités moyennes des différentes stratégies des négociations réussies.....51

Figure 10: Les pourcentages des accords.....52

Figure 11: Les moyennes des nombres de tours 53

Figure 12: Le modèle générique d'un négociateur (acheteur). 55

Figure 13: Premier tour de négociation.....56

Figure 14: Les deux agents sont agressifs.....56

Figure 15: Les deux agents sont conciliateurs.....56

Figure 16: L'agent (a) est conciliateur et l'agent (v) est agressif.....57

Figure 17: L'agent (a) est agressif et l'agent (v) est conciliateur.....57

Figure 18: Le modèle de négociation basé sur la personnalité. 59

Figure 19: Le module contrôle des caractères. 59

Figure 20 :Synoptique du Système flou pour le contrôle des caractères. 60

Figure 21: Modélisation de la variable S^t 62

Figure 22: Modélisation de la variable t. 63

Figure 23: Modélisation des variables var-con et var-agr 66

Figure 24: Exemple d'un comportement agressif d'un agent négociateur 66

Figure 25: Exemple d'un comportement neutre d'un agent négociateur 67

Figure 26: Exemple d'un comportement conciliateur d'un agent négociateur 68

Figure 27: Le module mise à jour des caractères. 68

Figure 28: Le module évaluation du caractère dominant. 69

Figure 29: Synoptique du système flou pour l'évaluation du caractère dominant. 70

Figure 30: Fuzzification de la variable diff 71

Figure 31: Défuzzification de la variable car 72

Figure 32: Le module mise à jour de la proposition. 73

Figure 33: Synoptique du système flou pour la mise à jour de la proposition. 74

Figure 34: les fonctions d'appartenance de la variable Ga 75

Figure 35: Défuzzification de la variable δP 76

Figure 36: Système flou de négociation basé sur la personnalité 79

Figure 37: Utilités moyennes des joueurs en négociation pour $T^a_{\max} > T^v_{\max}$ 88

Figure 38: Utilités moyennes des joueurs en négociation réussies pour $T^{a}_{\max} > T^{v}_{\max}$ 91

Figure 39: Pourcentage des accords pour $T^{a}_{\max} > T^{v}_{\max}$ 92

Figure 40: Nombre moyen de tours pour arriver à un accord pour $T^{a}_{\max} > T^{v}_{\max}$ 93

Figure 41: Les raisonnements de l'agent Perso-Rationnel.....101

Figure 42: Le raisonnement basé sur la personnalité 101

Figure 43: Jeu de négociation séquentiel entre deux agents 104

Figure 44: Le processus de la conduite de négociation.....105

Figure 45: Les processus de la conduite de négociation 106

Figure 46: Modélisation floue de l'évaluation de l'influence de la personnalité.....107

Figure 47: Modélisation floue (Fuzzification) de la variable car.....109

Figure 48: Modélisation floue de la variable t 110

Figure 49: Numérisation de la variable β.....111

Figure 50: Modélisation floue de l'évaluation du degré de rationalité de l'agent 112

Figure 5-11: Modélisation floue de l'évaluation du degré de rationalité de l'agent.....112

Figure 52: Numérisation de la variable P_a^R 113

Figure 53: Numérisation de la variable PaP.....114

Figure 54: Numérisation de la variable δ 117

Figure 55: Utilités moyennes des joueurs en négociation pour $T^{a}_{\max} > T^{v}_{\max}$ 125

Figure 56: Utilités moyennes des joueurs en négociation réussies pour $T^{a}_{\max} > T^{v}_{\max}$ 127

Figure 57: Pourcentage des accords pour $T^{a}_{\max} > T^{v}_{\max}$ 128

Figure 58: Nombre moyen de tours pour arriver à un accord pour $T^{a}_{\max} > T^{v}_{\max}$ 129

Figure 1: L'agent réactif.....142

Figure 2: Modélisation de l'agent cognitif.....143

Figure 3: Simulation du processus de négociation par un agent cognitif.....143

Figure 4: Modélisation de l'agent cognitif social.....145

Figure 5: Processus de prise de décision au cours d'une négociation automatisée.....146

Figure 6 : Exemple de modélisation floue: Etude de la température 152

Figure 7: Modèle d'inférence floue.....153

Figure 8: La phase de Fuzzification 153

Figure 9: Exemple de défuzzification de type Mamdani : modélisation floue de la température 156

Figure 67: Utilités moyennes des joueurs négociateurs pour $T^{a}_{\max} = T^{v}_{\max}$ 167

Figure 68: Utilités moyennes des joueurs négociateurs pour $T^{a}_{\max} < T^{v}_{\max}$ 168

Figure 69: Utilités moyennes des joueurs négociateur s réussies pour $T^{a}_{\max} = T^{v}_{\max}$ 170

Figure 70: Pourcentage des accords pour $T^{a}_{\max} = T^{v}_{\max}$ 171

Figure 71: Nombre moyen de tours pour arriver à un accord pour $T^{a}_{\max} = T^{v}_{\max}$ 172

Figure 72: Utilités moyennes des joueurs négociateur s réussies pour $T^{a}_{\max} < T^{v}_{\max}$ 174

Figure 73: Pourcentage des accords pour $T^a_{\max} < T^v_{\max}$ 175

Figure 74: Nombre moyen de tours pour arriver à un accord pour $T^a_{\max} < T^v_{\max}$ 176

Figure 75: Utilités moyennes des joueurs négociateurs pour $T^a_{\max} = T^v_{\max}$ 177

Figure 76: Utilités moyennes des joueurs négociateurs pour $T^a_{\max} \prec T^v_{\max}$ 178

Figure 77: Les utilités moyennes des joueurs négociateur s réussies pour $T^a_{\max} = T^v_{\max}$ 180

Figure 78: Pourcentage des accords pour $T^a_{\max} = T^v_{\max}$ 181

Figure 79: Nombre moyen de tours pour arriver à un accord pour $T^a_{\max} = T^v_{\max}$ 182

Figure 80: Utilités moyennes des joueurs négociateur s réussies pour $T^a_{\max} < T^v_{\max}$ 183

Figure 81: Pourcentage des accords pour $T^a_{\max} < T^v_{\max}$ 184

Figure 82: Nombre moyen de tours pour arriver à un accord pour $T^a_{\max} < T^v_{\max}$ 185

Chapitre 1: Introduction générale

Ce travail de recherche s'inscrit dans le cadre du développement des nouvelles technologies des sciences de l'information et du traitement des connaissances appliquées au domaine de la négociation automatisée. En particulier, il vise la modélisation d'un système interactif entre deux agents autonomes, basés sur des systèmes d'aide à la décision, en vue d'automatiser un processus de négociation bilatérale.

Dans ce contexte, un processus de négociation bilatérale est représenté par une succession itérative de tours dont chacun est composé d'une proposition d'un agent et d'une contre-proposition de son adversaire. La succession d'offre et de contre-offre reflète la concession des deux parties vers une zone commune (zone dans l'espace des paramètres des deux agents) appelée zone d'accord. Cette zone est encadrée par deux valeurs limites dénotant les valeurs réservées des deux adversaires. Si cette zone est atteinte alors la négociation est réussie sinon elle échoue.

Plusieurs travaux ont étudié les facteurs éminents régissant le processus de négociation parmi lesquels ceux de Faratin [**1**] Ce dernier propose un modèle comportemental dépendent du temps, dans lequel la variation en fonction du temps de la proposition (ou de contre proposition) de l'agent négociateur est interprété en terme de traits de personnalité de l'agent (agent agressif, conciliateur, ou neutre) et influence le processus de négociation et le résultat de celui-ci. Dans ce contexte, si l'agent est agressif alors sa concession vers la valeur réservée est lente (elle n'est abordée qu'à un délai maximal de négociation), sinon si l'agent est conciliateur alors la vitesse de concession est rapide.

Ainsi dans le modèle de Faratin, l'évolution d'un processus de négociation réussie dépend, outre que d'autres facteurs agissants sur ce dernier, aussi d'une certaine manière de la personnalité des agents négociateurs. Il est important de noter que la modulation du comportement de l'agent en fonction du temps dans le modèle proposé par Faratin ne permet en aucun cas de modéliser réellement les traits de caractère au sens psychologique du terme, mais introduit un levier qui

dans certains cas permet de colorer le comportement de l'agent (négociateur) de l'un des traits de caractères évoqués précédemment (agressif, conciliateur, ou neutre).

Il est également pertinent de noter que l'estimation des différents facteurs régissant l'évolution du processus de négociation pour atteindre d'accords mutuels compte tenu d'intérêts conflictuels nécessite des techniques de représentation des connaissances incertaines et des techniques de prise de décision rationnelles.

Dans notre approche, nous allons intégrer des techniques de l'Intelligence Artificielle impliquant le système d'agent autonome [**2**], la logique floue [**3**], et la théorie des jeux [**4**] afin d'apporter des solutions aux problèmes des stratégies de négociation conflictuelles, compétitives, et coopératives. [**1**]

Dans une telle structure un agent devra être capable d'apprendre des comportements de négociation (de coopération, de compétition, ou de neutralité) lui permettant de s'adapter intelligemment aux éventuels changements de l'environnement (selon le comportement d'un agent adversaire), et d'avoir une stratégie de raisonnement rationnelle lui permettant d'optimiser la réalisation de ses objectifs.

Afin de mettre en œuvre ces différentes considérations, nos travaux de recherche portent sur la modélisation d'un agent négociateur reposant sa prise de décision sur la combinaison de deux approches stratégiques complémentaires :

- La première approche étudie le tempérament de l'agent au cours du processus de négociation. Elle est basée sur l'évaluation de la personnalité de l'agent au cours du processus de négociation et l'impact de celle-ci sur sa prise de décision. Plus explicitement elle met l'accent sur la variation des traits de caractères de l'agent négociateur, tels que conciliateur, agressif, ou neutre, et son effet sur le processus et le résultat de la négociation. [**5**]
  Le but de cette approche est d'atteindre les objectifs souhaités de l'agent tout en variant le caractère comportemental envers l'adversaire.
- La deuxième approche étudie le raisonnement rationnel de l'agent au cours du processus

de négociation. Ce dernier est représenté par un jeu séquentiel à information incomplète entre deux agents négociateurs d'intérêts initialement conflictuels. [**6**] Dans cette perspective l'agent rationnel doit prédicter et tenir en compte des objectifs de son adversaire dans sa prise de décision.

Le but de cette approche est de créer un intervalle d'entente avec l'adversaire afin d'arriver à un compromis final mutuellement bénéfique.

La combinaison de ces deux approches forme un système de raisonnement hybride tirant profit des avantages des dites approches. L'objectif de ce système est d'améliorer les critères de performance d'une prise de décision dépendante d'une part d'un comportement tempéramental et d'autre part d'un raisonnement rationnel dont le but commun est la réalisation des objectifs souhaités de l'agent.

Dans notre contexte, nos travaux de recherche seront approuver par l'étude expérimentale des critères de performance du processus de négociation automatisée tels que :

- Les utilités des joueurs issues du processus de négociation,
- Le temps dépensé en négociation,
- Et le taux d'échec des différents cas de négociation.

Afin d'aboutir à la réalisation et la finalisation de notre système de raisonnement hybride, nous allons adopter le plan suivant :

- **Première partie : Revue de la littérature**

Dans cette partie nous allons présenter les concepts fondamentaux de la négociation automatisée, l'architecture générique ainsi que les actions, les stratégies et les protocoles régissant ce concept. Nous allons également présenter les modèles existants de négociation électronique, tout en

mettant en relief leurs avantages et leurs inconvénients.

- **Deuxième partie : Combinaison des comportements tempéramentaux et rationnels d'un agent intelligent pour la simulation d'un comportement de négociation automatisée**

Dans cette partie nous allons développer un modèle d'un agent autonome fondé sur une architecture complexe composée de sous-systèmes de prise de décision indépendants en interactions perpétuelles.

Le modèle forme une entité dynamique de négociation caractérisée par un comportement tempéramental (basée sur des traits de caractères tels qu'agressif, conciliateur ou neutre) reflétant une personnalité distinguée et un raisonnement rationnel pour une décision optimale et raisonnable.

Ces sous-systèmes qui décrivent des solutions stratégiques potentielles du processus de négociation, seront présentés respectivement dans les chapitres suivants:

- Le chapitre 3 présente le sous-système de raisonnement rationnel basé sur la stratégie des jeux dont le but principal est d'aboutir à des accords mutuels « gagnant-gagnant » entre les deux joueurs.

  Dans ce chapitre nous allons développer en premier lieu, l'impact des techniques de la théorie des jeux dans la recherche de l'espace des propositions faisables et gagnantes.

  Le processus de la négociation bilatérale sera modélisé par un jeu répétitif à information incomplète, sous sa forme extensive, entre deux agents compétitifs. A chaque tour du jeu, l'agent Rationnel doit prévoir la valeur d'équilibre qui mène à un accord avec son adversaire. L'objectif est de détecter la stratégie du partenaire et de prédire dynamiquement ses préférences pour les intégrer dans le processus de prise de décision de l'agent rationnel.

Ensuite, nous allons appliquer le modèle rationnel pour simuler le comportement de négociation d'un acheteur rationnel contre un vendeur de stratégie dépendante du temps.

Enfin une évaluation empirique sera réalisée pour mettre en relief les traits de performance et de faiblesse de la stratégie rationnelle par rapport à la stratégie dépendante du temps.

- Le chapitre 4 présente le sous-système de raisonnement basé sur la personnalité. Il modélise le comportement de négociation par une stratégie floue basée sur les traits de caractères de l'agent négociateur.

  Dans ce chapitre nous allons développer tout d'abord, la notion de la dynamique du comportement tempéramental de l'agent au cours du processus de négociation suite à chaque proposition de l'adversaire et la prestation de la contre-proposition correspondante.

  La variation du tempérament de l'agent sera contrôlée par la technique de la logique floue qui apporte des solutions aux problèmes d'évaluations des valeurs inexactes des comportements de coopération et de compétitivité de l'agent.

  Ensuite nous allons appliquer notre modèle dans le processus de négociation du prix d'un bien entre un acheteur de stratégie floue basée sur la personnalité, contre un vendeur de stratégie dépendante du temps (du point de vue acheteur).

  L'agent, influencé par sa personnalité, adapte dynamiquement son comportement tempéramental corrélativement à celui de son rival et fournit en conséquence l'offre la plus adéquate pour la réalisation de ses objectifs.

  Enfin une évaluation empirique menant une étude comparative entre la stratégie floue basée sur la personnalité et la stratégie dépendante du temps, sera réalisée pour montrer les traits de performance et de faiblesse de cette stratégie.

- Le chapitre 5 présente le sous-système de conduite de la négociation. Il combine les issues des sous-systèmes de rationalité et de comportement tempéramental.

  L'objectif est de tirer profit des avantages des deux approches afin d'améliorer les critères de performance du processus de négociation et de ses résultats tels que le gain final réalisé, le temps de négociation, le taux de réussite, etc.

  Ainsi, l'intégration de ces trois sous-systèmes construit un modèle hybride dit modèle PersoRationnel mettant en œuvre des techniques de la logique floue et des techniques de la théorie des jeux visant à réaliser une négociation rationnelle réussie.

  Le but de l'agent PersoRationnel est de trouver un compromis avec un adversaire d'intérêts conflictuels tout en préservant les finalités prédéfinies de conception.

  Une étude expérimentale portant sur la négociation d'un prix d'un bien entre un acheteur PersoRationnel et un vendeur de stratégie dépendante du temps sera réalisée. Cette étude montrera les bienfaits de cette combinaison par l'amélioration des gains réalisés des joueurs, l'augmentation du taux de réussite des cas de négociations, et la diminution du temps dépensé en négociation.

Le dernier chapitre du mémoire conclura les travaux de la présente thèse et tracera les perspectives de ceux-ci.

Chapitre 2: Modélisation de la négociation automatisée

I. Introduction

La négociation est une démarche inspirée du modèle humain et par laquelle les parties concernées confrontent leurs positions en vue d'aboutir à un accord. Elle désigne un mécanisme de résolution de conflits et de coordination entre les membres négociateurs [**7**] [**8**].

La négociation automatisée est une interaction entre plusieurs agents intelligents [**9**] d'intérêts conflictuels, dont l'objectif est de trouver un compromis commun répondant mutuellement aux finalités de leurs conceptions.

Plusieurs travaux ont défini la négociation automatisée selon le domaine d'application et les objectifs poursuivis, par exemple :

- Albin [**10**] a défini la négociation comme «Un processus de conciliation entre deux positions d'intérêts différents vers une seule décision conjointe. Il s'agit de prendre une décision en l'absence de règles régissant la prise des décisions ou dans un contexte où l'unique règle en vigueur stipule que toute décision doit être unanime ».
- Faure [**11**] a défini la négociation en tant qu'un processus par lequel deux ou plusieurs parties interagissent dans le but d'atteindre une position acceptable au regard de leurs divergences. Chaque situation de négociation découle d'un besoin de coordination entre les négociateurs en l'absence de règles ou de procédures précises préétablies.

- Faratin and al [**12**] l'ont présenté comme une forme clé d'interaction dans les systèmes qui sont composés d'agents autonomes multiples. Le but de telles interactions est d'atteindre des accords par un processus itératif d'offres et de contre-offres. Le contenu de chaque offre est fonction de la stratégie des agents.

L'objectif final est de s'accorder sur un ou plusieurs points, concernant un engagement mutuel sur l'avenir. La solution finale éventuelle, librement consentie, est mutuellement acceptable. Cet accord est en effet volontaire, il peut aboutir à une réussite ou à un échec du processus de négociation.

II. Le processus de la négociation automatisée

Le processus de négociation automatisée désigne l'interaction dynamique entre des systèmes distants formés principalement d'agents autonomes. Le but de telles interactions est d'aboutir à des accords entre des parties d'intérêts conflictuels à travers un processus séquentiel de proposition et de contre-proposition.

L'agent négociateur peut être une entité indépendante d'un logiciel intelligent participant au processus de recherche d'un ensemble des accords acceptables par les négociateurs. Chaque agent, doté de connaissances, de croyances et de préférences, conduit un processus de prise de décision qui mène à réaliser des objectifs délégués par son concepteur [**13**] [**14**].

Le nombre d'agents participants détermine le type de la négociation. Généralement on peut classer la négociation automatisée en deux catégories [**15**] [**16**] :

- La négociation bilatérale (un–à-un) : deux agents, présentant un conflit d'intérêts, négocient sur un ou plusieurs issus, portant sur un ou plusieurs attributs.

- La négociation multilatérale (plusieurs-à-plusieurs/ou un-à-plusieurs) [**17**]: plusieurs agents négocient sur un ou plusieurs objets, portant sur un ou plusieurs attributs. Nous citons dans cette catégorie l'exemple des enchères et des votes.

Dans la présente approche nous allons modéliser la négociation automatisée bilatérale.

1. Architecture de la négociation automatisée bilatérale

La négociation automatisée bilatérale [**18**] est un espace virtuel où deux agents intelligents distants échangent des informations et tendent à arriver à un accord commun garantissant leurs intérêts mutuels. Ce processus nécessite une plateforme et des normes standards de communication entre les deux agents.

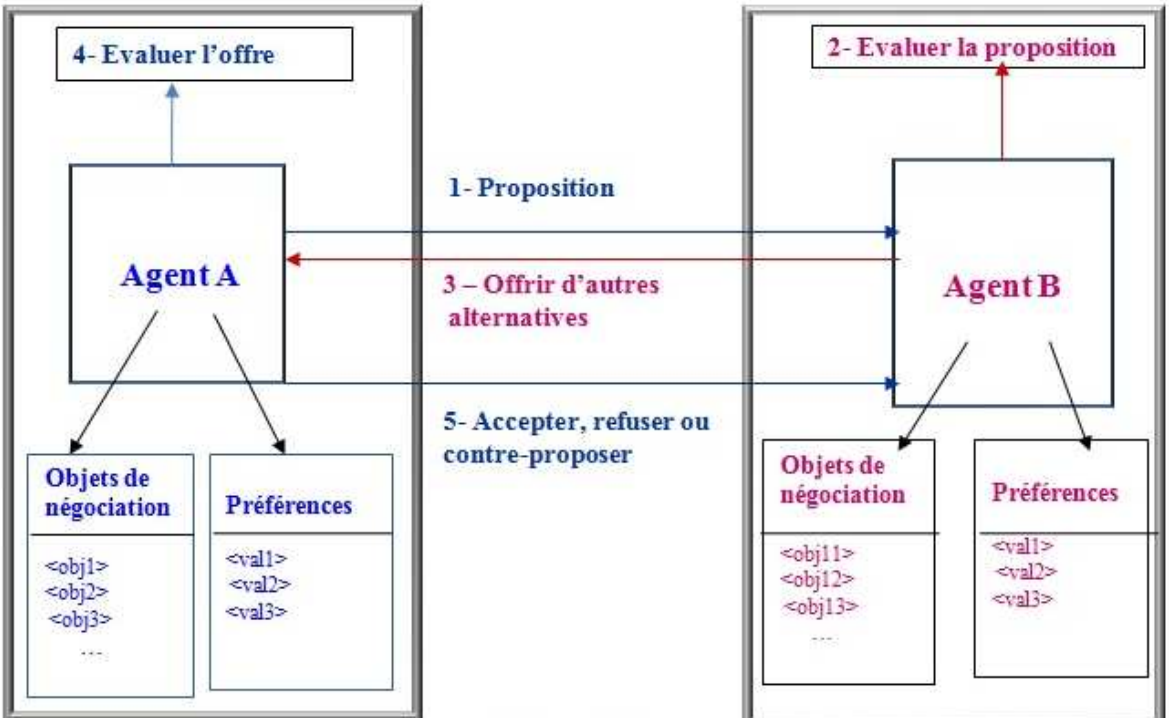


Figure 1: Modèle générique de la négociation bilatérale

Comme présenté dans la Figure 1, le processus de négociation automatisée est basé sur:

- Un échange mutuel de proposition et de contre-proposition selon un protocole de communication entre des agents distants.
- Une exploration des solutions potentielles aux intérêts initialement conflictuels des agents.

Chaque échange est défini par :

- Un temps de début et de fin de l'échange.
- Une description du contenu de l'échange.
- Un accord ou un refus de l'objet de l'échange

2. Modèle générique de la négociation automatisée

Le modèle générique de négociation automatisée désigne le prototype que l'agent utilise pour prendre des décisions pendant la négociation quelque soit le cas réel traité. La prise des décisions est basée primordialement sur la stratégie de négociation qui permet de déterminer quelle primitive de négociation l'agent doit choisir à un certain moment et sous quelle condition.

Pour prendre une décision adéquate, un agent doit être capable de faire un raisonnement stratégique, notamment raisonner en tenant compte de ce que font/ou décident les autres agents et, s'il parvient à le savoir ou à le supposer, quel est le modèle de décision des autres agents.

Ainsi le processus de négociation bilatérale, de point de vue agent négociateur, peut être résumé par la Figure 2. D'après cette figure, à chaque structure de problème, l'agent négociateur prépare une proposition qui lui est faisable et (estimée) acceptable par son adversaire à partir d'un ensemble de propositions faisables: Si cette proposition est acceptée par son adversaire alors le processus se termine avec succès, sinon il va la modifier afin d'arriver à un accord final avec son rival.

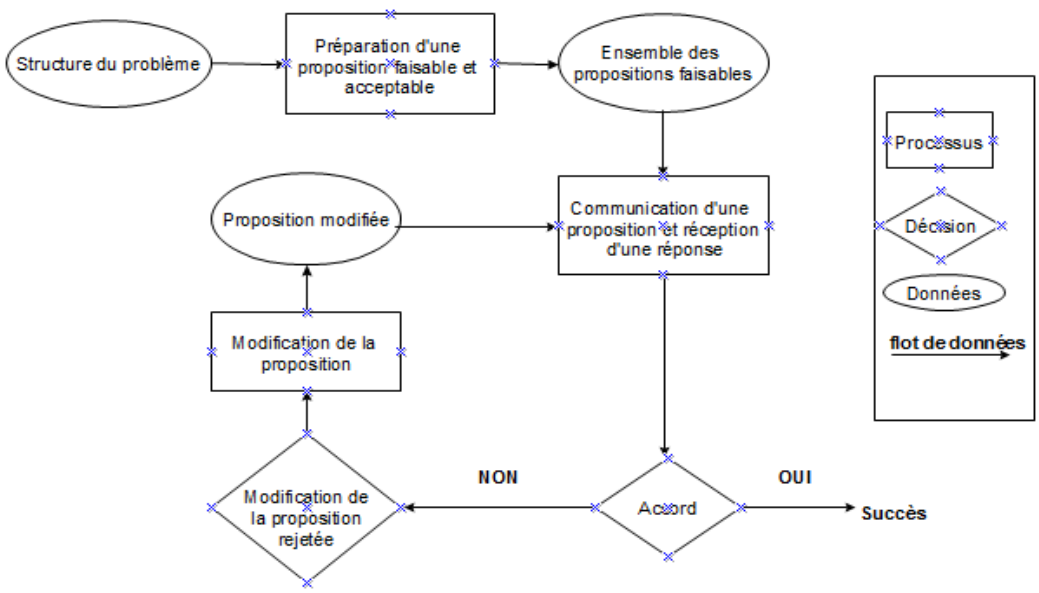


Figure 2: Le diagramme de flot de donnée du processus de négociation

Le processus séquentiel de proposition et de contre-proposition, résumé par la Figure 2, est basé sur un protocole de négociation.

3. Protocole de la négociation automatisée

Le protocole de la négociation automatisée renferme :

- l'ensemble des règles qui régit la négociation
- les participants possibles dans la négociation,
- les propositions légales que les participants peuvent faire,
- les états de la négociation (par exemple l'état initial où commence la négociation, l'état où on accepte des soumissions ou la fin de la négociation)
- et une règle de test déterminant l'aboutissement final à un accord ou l'arrêt par échec du processus de négociation.

Par exemple, le protocole de négociation bilatérale entre un acheteur et un vendeur établit un échange d'information entre les deux parties sur plusieurs tours d'offres et de contre-offres. Chaque tour présente un point de prise de décision pour les deux parties contribuant à la réalisation des objectifs de conception initiaux. La terminaison du processus de négociation (réussie/ou échouée) est basée sur une règle de test mettant en jeu les objectifs des adversaires à réaliser et le délai maximal de négociation.

4. Les phases de la négociation automatisée

La négociation automatisée se déroule principalement en quatre phases [**19**]:

- **Préparation :**

La préparation de la négociation automatisée consiste à analyser les intentions relationnelles avec la ou les parties adverses, à définir ses propres objectifs et besoins, à être capable de les exprimer de manière claire, à rassembler les outils aptes à les soutenir et à s'informer sur ceux de la partie adverse.

- **Pré-négociation :**

La pré-négociation est la prise de contact entre les protagonistes pour constituer le premier échange coopératif. Elle comprend la définition des règles du jeu (mode de négociation, conduite), du cadre commun de la négociation (il doit être assez large pour intégrer les points de vue de l'ensemble des parties), de l'espace commun de référence (documents, lois, etc.) et l'établissement d'un calendrier (dates des rencontres et ordres du jour).

C'est une première analyse commune de la situation, présentant un examen de la relation interpersonnelle des protagonistes (rapports de force, partis pris, hostilité) et un échange d'informations des deux parties.

Enfin, la pré-négociation est la phase où l'on détermine les intérêts en jeu et où l'on scinde éventuellement un projet trop lourd (qui contient des enjeux trop complexes) en plusieurs projets plus légers et plus simples à régler.

- **négociation :**

La négociation du contenu consiste à informer et découvrir (chacune des parties communique ses objectifs, questionne, consulte les informations reçues, etc.), puis à proposer un « accord » qui réponde aux objectifs et besoins de chacun. Cette phase induit, si la discussion s'enlise, des moments de réflexion et de rejet si l'ensemble des solutions est infaisable.

- **Post-négociation :**

La post-négociation accompagne l'exécution et la mise en œuvre du contrat et évalue la qualité de la négociation en jugeant de la satisfaction des parties sur la(les) solution(s) aboutit(s).

5. Les objets de la négociation automatisée

Un objet abstrait comprend les attributs qu'on veut négocier; dans certains cas il s'agit de négocier uniquement le prix, mais dans d'autres cas il faut aussi négocier plusieurs attributs comme le temps nécessaire pour satisfaire une commande, la qualité des produits, la quantité, etc.

6. Les types de la négociation automatisée

Un processus de négociation peut aboutir à trois situations [**20**]:

- La première situation voit les deux parties gagnantes (gagnant/gagnant), témoigne de consensus judicieux, d'une recherche fructueuse du plus grand dénominateur commun, ce qui aboutit à la création d'un nouvel équilibre meilleur pour chacun et satisfaisant les intérêts des deux parties. Le résultat, un « jeu à somme positif », fait état d'une négociation à dominante coopérative.

- La seconde établit un gagnant et un perdant (gagnant/perdant) et engendre une situation de domination et de soumission, source potentielle de conflit ultérieur. Le résultat tient d'une négociation à dominante conflictuelle, faite de concessions ou de compromis, et aboutit à un « jeu à somme nulle ».

- La troisième situation établit les deux parties en position de perdantes (perdant/ perdant), atteste d'accords non judicieux, engendre des frustrations réciproques et un conflit ultérieur certain. Le résultat fait état d'une négociation à dominante conflictuelle, ce qui crée un « jeu à somme négatif ».

Pout parvenir à un gain mutuel « gagnant/gagnant », les parties en jeu doivent prendre en considération les gains et les préférences des parties opposantes dans leur prise de décision.

III. Les modèles de négociation automatisée

1. Théorie de la décision Probabiliste

L'objectif de l'application de la théorie de probabilité dans la négociation automatisée [**21**] est de réduire l'incertitude sur les préférences de la partie adverse en mesurant la quantité d'informations contenues dans chaque proposition de celle-ci.

Dans ce modèle l'incertitude au sujet des conséquences d'une décision d est modelée par une distribution de la probabilité: $S \rightarrow [0,1]$ cela assigne à chaque état possible une valeur de la probabilité. Les préférences des décideurs sont chiffrées par la fonction de l'utilité $u : S \rightarrow [0,1]$

. Si la probabilité de la distribution est construite pour chacun des décisions possibles, alors l'utilité estimée peut être calculée pour chacun de ces décisions:

$$EU(d) = \sum_{x} p_d(x).u(x)$$

Pour maximiser son gain, un agent choisit la décision avec la plus haute utilité estimée.

2. Le raisonnement basé sur les contraintes

La négociation est considérée comme un problème de satisfaction des contraintes distribuées (de chaque partie) réparties entre les agents en coordination afin de trouver une solution qui satisfait toutes les contraintes ([**22**] [**23**] [**24**]). Les agents négociateurs échangent itérativement leurs solutions préférées sous la forme d'offres, et décontractent leurs préférences et contraintes à partir de leurs stratégies heuristiques de la négociation, jusqu'à ce que toutes les contraintes sont satisfaites et un accord est atteint.

3. Apprentissage Bayésien

Le modèle Bayésien permet la mise à jour des croyances d'un agent au sujet d'autres agents [**25**]. Au début de la négociation, l'agent acquiert de la connaissance. Cette connaissance consiste à des renseignements au sujet de l'environnement et d'autres joueurs. Dans l'approche Bayésienne cette connaissance est chiffrée dans une forme de distributions de probabilité subjectives. Par exemple avoir des croyances sur les fonctions d'utilité des autres agents, des prix réservés des autres, dates limites de la négociation, etc., et raisonner sur la base de ces croyances.

4. La stratégie des jeux:

Le type de négociation « gagnant/gagnant » [**26**], désigné comme « stratégie des gains mutuels » [**27**] ou « négociation raisonnée » [**28**], est une pratique sociale constructive qui fait appel à des efforts de raisonnement rationnel dans la prise de décision. Ce type de raisonnement est basé sur la stratégie des jeux [**29**].

La négociation raisonnée cherche à construire un équilibre qui augmente la valeur de la collaboration entre les parties. Elle garde comme objectif principal la satisfaction des intérêts

respectifs et cherche à aboutir à un accord judicieux afin d'obtenir l'essentiel en proposant des réponses acceptables.

L'application de la stratégie des jeux au processus de la négociation a pour objectif la recherche de l'entente avec l'adversaire en oubliant ses propres intérêts au profit de ceux de l'autre et la recherche de la satisfaction des intérêts personnels de chaque partie.
Basée sur la coopération, la négociation est vue comme une recherche d'accord entre des partenaires plutôt qu'entre des adversaires.

Elle exige que la compréhension et la définition de l'enjeu soient communes aux parties. Cette approche doit permettre de « créer de la valeur » et mener au partage de cette valeur [**30**].

La négociation basée sur la stratégie des jeux suppose le respect de quatre principes fondamentaux [**28**]:

- Séparer les intérêts de personnes de ceux du problème négocié. En effet, les tensions personnelles entre les protagonistes ne doivent pas influencer la recherche de compromis rationnel.

- Mettre en évidence les objectifs visés de chaque partie plutôt que de garder des positions rigides durant la négociation. Le but d'une négociation étant de satisfaire les intérêts de chacun, il s'agit d'imaginer de nouvelles propositions satisfaisantes pour les différentes parties.

- Opter pour la proposition de plusieurs choix avant la prise de décision finale. Une négociation nécessite du temps pour l'échange des points de vue, la réflexion et la formulation de solutions. Plus il y a des propositions de solutions plus on s'approche d'une décision finale optimale pour le respect des intérêts en jeu.

- Justifier la discussion et la décision finale par des critères impartiaux et neutres, indépendants des positions subjectives des parties, par exemple des textes de lois, des faits avérés, des données statistiques reconnues, etc.

Les principaux avantages de ce modèle sont:

- Classification du processus de négociation (gagnant/ gagnant, gagnant/ perdant, perdant/ perdant ...),

- Analyse mathématique rationnel du problème de négociation,

- Possibilité de négocier avec des renseignements (sur l'autrui) incertains et vagues,

IV. Conclusion

La négociation automatisée a pour but de trouver des compromis entre des agents intelligents d'intérêts conflictuels. Associée avec l'application des techniques de l'intelligence artificielle (la théorie des jeux, l'apprentissage à partir des bases des cas, etc.), cette approche tente de résoudre le conflit entre les compétiteurs (favorisant un (des) gain(s) mutuel(s)) tout en optimisant les critères de performance du processus de négociation (minimiser le temps de négociation, garantir un accord mutuel final, gagner la confiance des adversaires, et.).

Chapitre 3: L'approche rationnelle de négociation

I. Introduction

Dans le chapitre précédent, nous avons présenté les différents modèles existants de négociation automatisée qui, bien qu'ils présentent des solutions aux problèmes de compétitions entre les adversaires, présentent les risques majeurs de désaccord final et de perte du temps dans des processus échoués.

L'objectif de la présente approche est de trouver des solutions à ces menaces en se basant sur le principe de collaboration et de partage des gains entre des parties d'intérêts conflictuels. Le but est de créer une satisfaction globale entre les membres négociateurs en suscitant des interactions futures réussies répondant à leurs intérêts individuels.

Dans ce chapitre, nous nous intéressons à modéliser la négociation bilatérale entre un agent (a) et un agent (v) pour la valeur d'un bien tout en intégrant la technique de la théorie des jeux. Le choix de cette technique revient à sa capacité de prise de décision rationnelle dans un environnement compétitif de négociation appauvrit en information sur l'ensemble de stratégies de l'adversaire. [**31**]

Dans cette perspective, le processus de négociation est modélisé comme un jeu séquentiel de négociation entre deux joueurs autonomes d'intérêts (initialement) conflictuels. La suite de ce chapitre sera organisée comme suit : 3.2 Le jeu de négociation bilatéral, 3.3 Equilibre des sous-jeux de négociation, 3.4 Evaluation et validation de l'approche Rationnelle, et 3.5 Conclusion.

II. Le jeu de négociation bilatérale

Le jeu de négociation bilatérale est représenté par une suite consécutive de tours dont chaque tour est composé d'une offre et d'une contre-offre. L'ensemble de ces offres et de contre-offres forme l'espace de concessions des deux joueurs dont le but principal est d'aboutir à un compromis final et de bénéficier des gains mutuels. L'offre acceptée par les deux parties

appartient à une zone délimitées par les offres réservées limites des deux joueurs appelées zone d'accord.

Par exemple, la négociation bilatérale entre deux agents (a) et (v) commence à l'instant t_0 par le $tour_0$ (voir Figure 3) et finit à l'instant tmax (tmax ≤ délai de négociation des deux joueurs) par le $tour_x$ avec un accord P* appartenant à la zone d'accord ou avec un échec :

- S'il y a un accord (par la proposition P^*) alors les joueurs (a) et (v) ont respectivement les gains :

$$G_a = P_a^r - P^*$$
$$G_v = P^* - P_v^r$$

- Sinon les gains des deux joueurs sont nuls :

$$G_a = G_v = 0$$

La zone d'accord est délimitée par les offres réservées (limites) P_v^r et P_a^r respectivement de l'agent (v) et l'agent (a).

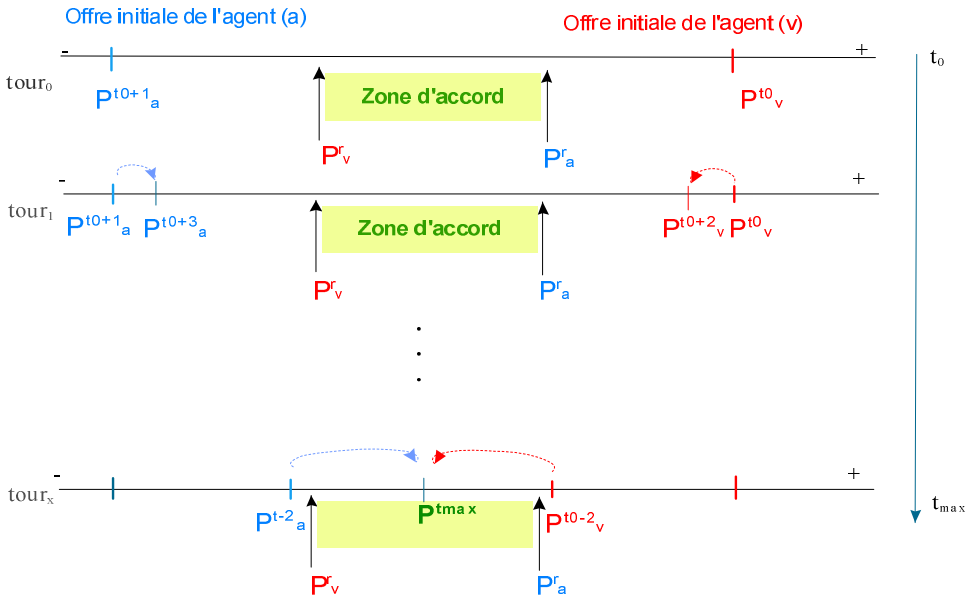


Figure 3: Les tours de négociation d'une négociation bilatérale entre deux agents (a) et (v)

Comme présenté par la Figure 3, à chaque réception d'une offre de l'adversaire, un joueur prend l'une des décisions suivantes:

- Accepte l'offre et calcule le gain généré
- Refuse l'offre et acquiert un gain nul
- Contre-propose une nouvelle offre en vu d'avoir un gain souhaité

Ce processus se répète jusqu'au $tour_x$ où la solution P* (s'il y a un aboutissement du processus de négociation) peut être acceptée par les deux joueurs. Cette dernière peut être issue soit par le joueur (a) soit par le joueur (v) et elle est définie par :

$$p^* \in [P_v^r \ P_a^r]$$

Les valeurs $P_v^r \ et \ P_a^r$ sont respectivement les valeurs réservées cachées du joueur (v) et du joueur (a) qui font parti des domaines des stratégies et des préférences des deux joueurs. Néanmoins pour arriver à un compromis un joueur doit estimer la valeur réservée de son adversaire afin de proposer une offre acceptable délimitée par cette valeur.

Ainsi présenté par la Figure 4, le processus de négociation bilatérale, est modélisé par un échange itératif d'offre/contre-offre ou d'accord/Refus entre les deux agents (a) et (v). Chaque joueur est doté d'une partie visible par son adversaire (croyances, connaissances, etc.) et une partie invisible (objectifs, préférences, stratégies, etc.) relative à son modèle interne de négociation.

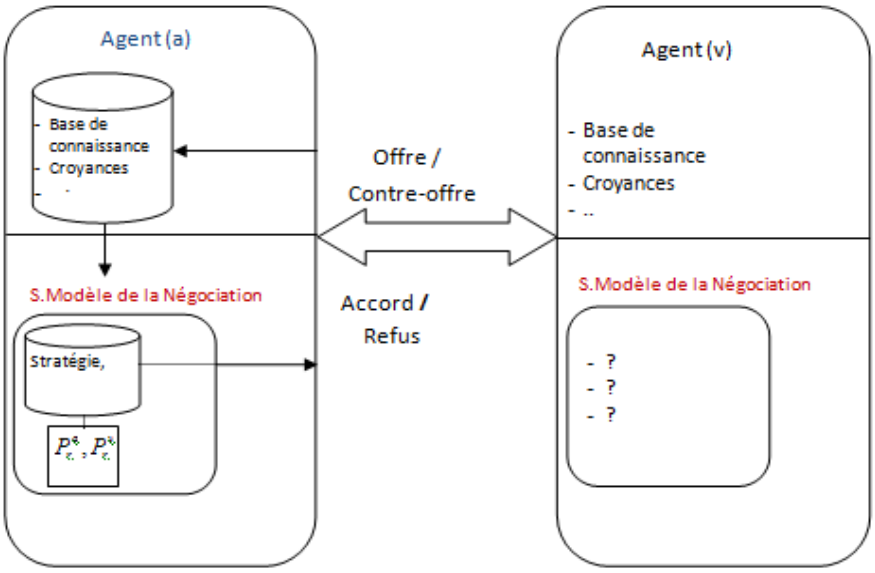


Figure 4: Le modèle de négociation de point de vue agent (a)

Chaque objet du modèle de la Figure 4 est une entité autonome du système de négociation, interagissant à partir d'une base des connaissances et des croyances et d'un sous-modèle interne de prise de décision dit **s. modèle de négociation**.

Le sous - modèle de négociation présente une source d'information cachée guidant le processus de négociation d'un joueur. Chaque agent doit mettre en œuvre des outils intelligents d'estimation des informations cachées de son rival et les prendre en considération lors de sa prise de décision afin de garantir un compromis final avec celui-ci.

Ce sous-modèle est composé principalement de:

- Une base des stratégies et des tactiques: l'ensemble des règles d'expertise activées selon les cas présents confrontés. Cette base est construite progressivement à partir de l'historique des expériences réalisées.
- Des valeurs réservées limitent: valeurs frontières de l'intervalle de variation des variables décisionnelles. Elles font parties des préférences d'un agent (par exemple la valeur limite la plus basse du prix d'un bien pour un fournisseur).
- Une estimation approximative des variables inconnues du s. modèle de négociation de l'adversaire à partir de l'historique des transactions. L'objectif de cette estimation est de

délimiter les frontières de la zone d'accord afin d'arriver à un compromis avec l'adversaire tout en optimisant les préférences individuelles de l'agent.

Ainsi la succession d'offres/contre-offres au cours du processus de négociation, forme un arbre de jeu itératif bilatéral à structure séquentielle dont chaque nœud est un point de prise de décision d'un joueur *i* (accepter A | ou refuser R une offre, ou contre proposer P^i). Comme présenté dans la Figure 5, l'agent (v) débute le processus de négociation en offrant la proposition P^{v1}, l'agent (v) (en recevant cette offre) choisit l'une des décisions suivantes :

- Accepte l'offre et calcule le gain correspondant
- Refuse et aboutit à un gain nul
- Contre-propose avec une nouvelle offre

Ce processus de prise de décision des deux parties se répète itérativement jusqu'à l'aboutissement à un accord final et un partage de gains entre les deux joueurs ou à l'expiration du délai de négociation et la terminaison du processus de négociation avec un échec (gain nul pour les deux parties).

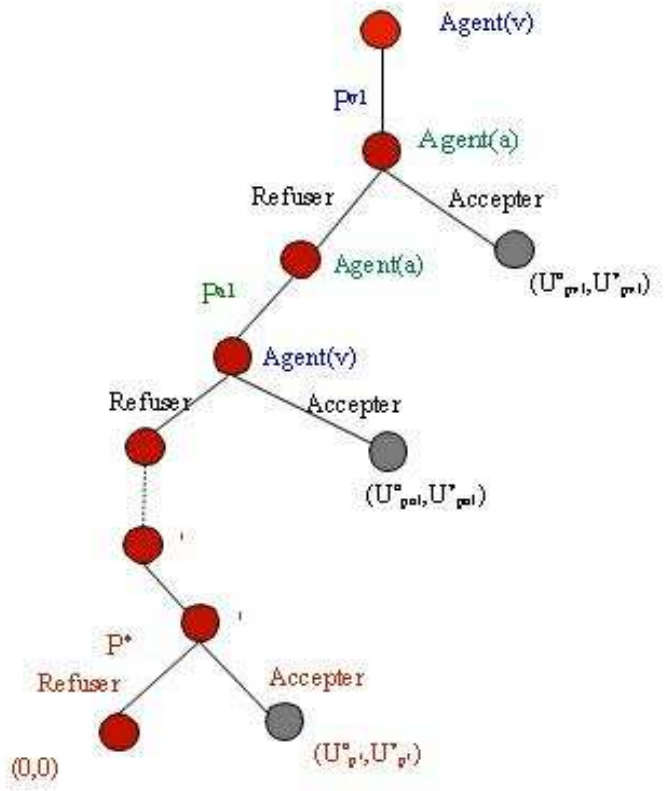


Figure 5: Arbre du processus de négociation bilatérale

Aux différents nœuds et arcs de l'arbre, présenté dans la Figure 5, sont assignées des variables descriptives définies come suit :

- P^i : La proposition (proposition ou contre-proposition) d'un joueur i; $i = \{a, v\}$,
- $i\ (j) =$ L'agent(v) si T est impair (pair),
- $j\ (i) =$ L'agent(a) si T est pair (impair),
- $U_a^k = P_a^r - P^k$: L'utilité (le gain) de l'agent (a) à l'instant k en acceptant la proposition P^k,
- P_a^r : La proposition réservée (limite) de l'agent (a),
- $U_v^k = P^k - P_v^r$: L'utilité de l'agent(v) à l'instant k en acceptant la proposition P^k,
- P_v^r : La proposition réservée (limite) de l'agent (v),

Dan cette modélisation arborescente du processus de négociation, l'agent rationnel (l'agent (a)) tend à aboutir à un compromis avec son adversaire tout en satisfaisant ses propres objectifs et préférences. Autrement dit sa prise de décision au niveau du nœud correspondant dépend d'une part de ses préférences et d'autre part de l'estimation des préférences de son adversaire.

1) Préférences d'un joueur:

Le processus itératif de jeu de négociation ne peut s'achever sans échec que si les deux parties arrivent à trouver un compromis entre eux, qui garantit l'accomplissement de leurs objectifs et de leurs préférences. Les préférences dénotent les valeurs souhaitées des variables décisionnelles d'un agent tel que la valeur d'un bien, le temps maximal de négociation, etc. Ces paramètres influencent la prise de décision finale d'un agent qui préfère les offres qui répondent plus à leurs préférences.

D'une manière générale:

A un nœud terminal, un joueur $i\ (a \mid v)$ à un instant T, **préfère** $u = (U_a^T, U_v^T)$ **à** $v = (V_a^T, V_v^T) \in \Re^2$ ssi $Ui > Vi$ [**32**] [**33**] avec Ui et Vi les utilités des joueurs i.

Mais cette condition n'est satisfaite que si au moins l'une des deux parties, dite partie coopérative ou partenaire, prend en considération les préférences de son adversaire dans sa prise de décision et offre une proposition P^* qui optimise en même temps sa propre utilité et l'utilité de son adversaire: cette offre dite préférée forme un point **d'équilibre du jeu de négociation entre les deux joueurs**.

2) Equilibre du jeu de négociation

Par définition, le point d'équilibre P^* tend à maximiser la paire d'utilité (U_a^T, U_v^T) des deux joueurs à l'instant T, autrement P^* est la solution de: [**34**] [**35**]

$$\max\left(U_a^T, U_v^T\right)$$

Dans le présent cas de négociation bilatérale P^* est solution de :

$$\max\left(P_a^r - P^*,\ P^* - P_v^r\right) \text{ [36]}$$

D'après l'équation ci-dessus le point d'équilibre P^* est fonction des deux valeurs réservées P_a^r et P_v^r des joueurs (a) et (v), mais dans un environnement réaliste ces valeurs sont invisibles par les membres négociateurs.

Le problème d'information incomplète (relative aux valeurs réservées) mène à diviser le jeu de négociation en un ensemble fini de sous-jeux séquentiels et à chercher les solutions potentielles d'équilibre à l'intérieur de ces sous-jeux.

Le choix de division du jeu en sous-jeux séquentiels est dû à la visibilité de l'information sur les stratégies poursuivies des joueurs à partir de l'historique des transactions et à la contribution des équilibres des sous jeux à l'aboutissement de l'équilibre global du jeu de négociation. [**37**]

III. Equilibre des sous-jeux de négociation

Le principe de cette solution est de former à partir de l'arbre du jeu séquentiel un ensemble de sous-arbres consécutifs, d'information complète, appelés sous-jeux de négociation [**38**] (présentés dans la Figure 6).

Chaque sous-jeu est défini comme suit:

- Un sous-jeu est une partie du jeu original qui peut être traitée d'une manière autonome, c'est à dire formant un jeu réduit à part entière.
- A chaque sous-jeu les informations sur les décisions antérieures de l'adversaire sont connues.
- Il commence par un nœud de prise de décision et inclut tous les nœuds successeurs.
- Les sous-jeux ne se croisent pas.

L'objectif principal de cette technique est de pallier au problème de manque d'information sur le sous-modèle de négociation de l'adversaire par l'estimation de ses variables cachées à travers l'historique des transactions. L'agent rationnel cherche au sein de chaque sous-jeu l'ensemble de solutions potentielles faisables qui répondent à la fois à ses propres intérêts et à ceux de son adversaire. Ces solutions appelées **points d'équilibres parfaits des sous-jeux** de négociation prennent en considération (entre autres variables) la dernière proposition de l'adversaire.

1. Equilibre parfait de Nash en sous-jeux

L'équilibre parfait en sous-jeux, est considéré comme une solution qui satisfait à la fois les deux parties à une itération donnée du jeu, cette solution partielle contribue à la réalisation de l'équilibre parfait de la totalité du jeu. [**39**]

La Figure 6 présente la division de la totalité du jeu de négociation en un ensemble successif de sous-jeux dont l'entrée de chaque sous-jeu présente la sortie du sous-jeu précédent.

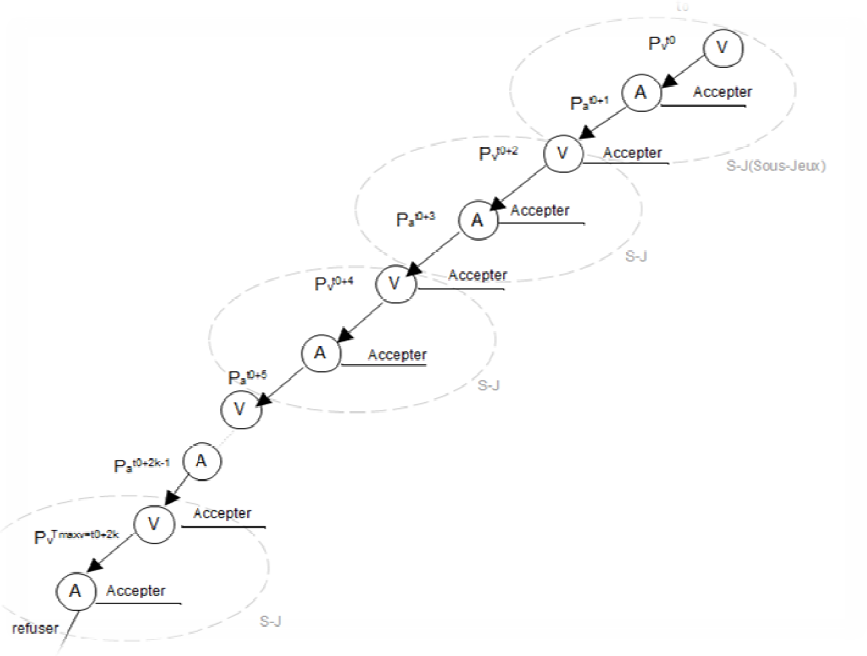


Figure 6: Les sous-jeux d'un processus de négociation bilatérale

❖ **Solution de Nash des sous-jeux séquentiels de négociation :**

Soit Γ le jeu de négociation bilatérale entre un joueur (a) et un joueur (v). L'équilibre de Nash en Sous-jeux Parfait (NSP) est un équilibre de Nash dans chaque sous-jeu de Γ [**40**].

Si les fonctions d'utilités des joueurs sont différentes à chaque nœud, alors cet équilibre est **unique** [**41**].

Le NSP définit une situation d'interaction stable, où aucun joueur n'a intérêt à changer sa stratégie étant donnée la stratégie de son adversaire, à l'intérieur du sous-jeu.

L'approche stratégique de Nash est définie par :

- S : l'ensemble des stratégies faisables des deux joueurs,
- D : les issues de désaccord,
- $u_i : S \cup \{D\} \rightarrow R$: la fonction d'utilité du joueur i, i={a,v},
- $U = \{(u_a(s_a), u_v(s_v)) : s_i \in S\}$: les paires d'utilités possibles à chaque issue,
- $d = (u_a(d_a), u_v(d_v))$: les paires d'utilités de désaccord,

Une combinaison de stratégies s^* est un équilibre de Nash (ou un équilibre non coopératif) si l'inégalité suivante est satisfaite pour chaque joueur i = a, v:

$$u_i\left(s_i^*,\ s_{-i}^*\right) \geq u_i\left(s_i,\ s_{-i}^*\right) \text{ pour tout } s_i \in S_i$$

La solution de négociation de Nash assigne à ce problème de négociation bilatérale l'offre de l'équilibre p^* qui maximise le produit suivant:

$$\max\left[\left|\left(u_a(p^*) - d_a\right)\right| * \left|\left(u_v(p^*) - d_v\right)\right|\right]$$

- p^* : la proposition d'équilibre acceptable par les deux joueurs,
- $u_a(p^*)$: l'utilité du joueur (a) en acceptant l'offre p^*,
- $u_v(p^*)$: l'utilité du joueur (v) en acceptant l'offre p^*,
- d_a : l'utilité du joueur (a) pour un désaccord antérieur,
- d_v : l'utilité du joueur (v) pour un désaccord antérieur,

L'offre d'équilibre représente un point de réalisation mutuelle d'au moins d'une partie des intérêts des joueurs en acceptant le prix p^*.

D'après l'équation de Nash, le prix d'équilibre est calculé à partir des deux fonctions d'utilités des deux joueurs. Mais dans un environnement réaliste-compétitif, l'ensemble d'information sur la stratégie de l'adversaire est incomplet. Ce qui mène à remplacer les fonctions d'utilités des deux joueurs par les opérations équivalentes:

- $u_a(p^*) = p_a^r - p^*$
- $u_v(p^*) = p^* - p_v^r$
- $d_a = p_a^r - p_t$
- $d_v = p_t - p_r^v$

Avec:

- p_t : la dernière offre proposée par l'adversaire (non acceptée par le joueur rationnel).
- p_r^a : l'offre réservée du joueur (a)
- p_r^v : l' offre réservée du joueur (v)

L'équation d'équilibre de Nash devient:

$$\Rightarrow \quad \max\left[\left|\left(p_t - p^*\right)\right| * \left|\left(p^* - p_t\right)\right|\right]$$

$$\Rightarrow \quad \max\left[\left(p^* - p_t\right)^2\right]$$

L'équation est linéaire par rapport à la variable p^* donc nous pouvons déduire une dérivée nulle:

$$\Rightarrow \quad \left[\left(p^* - p_t\right)^2\right]' = 0$$

$$\Rightarrow \quad 2 * (p^* - p_t) = 0$$

La solution devient:

$$\Rightarrow \quad p^* = p_t$$

Cette solution est peu raisonnable puisque l'agent rationnel va contre-proposer à chaque sous-jeu la dernière offre proposée par l'adversaire.

2. Amélioration de la solution de Nash:

Le principe est d'explorer, à l'intérieur de chaque sous-jeu, un sous-ensemble potentiel de solutions gagnantes, contribuant à satisfaire les objectifs et les préférences des deux joueurs (afin de garantir un accord mutuel final).

Autrement dit, au point d'équilibre, l'agent rationnel doit vérifier (de sa part) un ensemble de contraintes répondant à certaines de ses préférences. Ces contraintes peuvent être décrites comme suit:

$$\left\{\begin{array}{c} P^* \le P_a^r \\ P^* \le P_t^v \\ u_a(P^*) \ge \left| u_a(P_t^v) \right| \end{array}\right\}$$

$\Rightarrow$

$$\left\{\begin{array}{c} P^* \le P_a^r \\ P^* \le P_t^v \\ P_r^a - P_{t+1}^a \ge P_t^v - P_r^a \end{array}\right\}$$

$\Rightarrow$

$$\left\{\begin{array}{c} P_r^a - P^* \ge 0 \\ P_t^v - P_{t+1}^2 \ge 0 \\ 2 * P_r^a - P_{t+1}^a - P_t^v \ge 0 \end{array}\right\}$$

Le point d'équilibre P^* est la solution du système:

$$\max_{P^*} \left[\left(P^* - p_t \right)^2 \right]$$

$$S.C \left\{\begin{array}{c} P_r^a - P^* \ge 0 \\ P_t^v - P_{t+1}^a \ge 0 \\ 2 * P_r^a - P_{t+1}^a - P_t^v \ge 0 \end{array}\right\}$$

Il s'agit de résoudre le problème de maximisation de la fonction objective $f(P^*) = \left[\left(P^* - p_t \right)^2 \right]$

sous les contraintes (sous la forme d'inéquations):

$$G_1(P^*) \ge 0 \quad \Rightarrow \quad (P_r^a - P^* \ge 0);$$

$$G_2(P^*) \geq 0 \quad \Rightarrow \quad (P_t^v - P_{t+1}^a \geq 0);$$

$$G_3(P^*) \geq 0 \quad \Rightarrow \quad (2 * P_r^a - P_{t+1}^a - P_t^v \geq 0).$$

3. Résolution par le théorème Kuhn –Tucker:

Afin de résoudre le problème de maximisation d'une fonction sous des contraintes d'inégalités Kuhn spécifie dans [**42**] [**43**] [**44**] trois étapes aboutissant à une ou plusieurs solutions faisables.

Par exemple soit S le système d'optimisation suivant:

$$S\begin{cases} \max\left[f(P^*)\right] \\ s.c \\ G_1(P^*) \geq 0 \\ G_2(P^*) \geq 0 \\ G_3(P^*) \geq 0 \end{cases}$$

Pour chaque contrainte $G_j;\ j \in \{1, 2, 3\}$, deux situations possible sont définies:

- $G_j(P^*) = 0$: la contrainte j est saturée à l'optimum;
- $G_j(P^*) \succ 0$: la contrainte j est non saturée à l'optimum.

Les conditions de kuhn-tucker pour résoudre S spécifient les étapes suivantes:

1) **Etape 1: Définition de la fonction Lagrangienne**

Le Lagrangien [**45**] de S est défini par la fonction L :

$$L(P^*, \lambda^*) = f(P^*) - \sum_{j=1}^{3} \lambda_j (G_j(P^*))$$

Les variables λ_j sont les multiplicateurs de Lagrange associés à chaque contrainte j et $\lambda^* = (\lambda_1, \lambda_2, \lambda_2)$.

2) Etape 2: Les conditions de premier ordre

$$\frac{\delta L(P^*, \lambda^*)}{\delta P^*} = 0, \quad \text{où } \frac{\delta}{\delta P^*} \text{ est le gradient}$$

$$\Rightarrow$$

$$\frac{\delta f(P^*)}{\delta P^*} - \sum_{j=1}^{3} \lambda_j \frac{\delta G_j(P^*)}{\delta P^*} = 0$$

3) Etape 3: Les conditions suffisantes de second ordre

$$\forall j \in \{1, 2, 3\}, \ \min \left| \lambda_j, G_j(P^*) \right| = 0$$

Cette étape implique que si $G_j(P^*) > 0 \Rightarrow \lambda_j = 0,$ c'est à dire que si la contrainte j n'est pas saturée et que le multiplicateur de Lagrange associé à cette contrainte est nul.

Les étapes 2 et 3 peuvent êtres résumées par:

$$\left\{ \begin{array}{c} \frac{\delta f(P^*)}{\delta P^*} - \sum_{j=1}^{3} \lambda_j \frac{\delta G_j(P^*)}{\delta P^*} = 0 \\ \lambda_1 * (p_r^a - P^*) = 0 \\ \lambda_2 * (P_t^v - P^*) = 0 \\ \lambda_3 * (2 * p_r^a - P^* - P_t^{v)} = 0 \end{array} \right\}$$

$$\Rightarrow$$

$$\left\{ \begin{array}{c} -2(P_t^v - P^*) - \lambda_1 - \lambda_2 - \lambda_3 = 0 \quad (1) \\ \lambda_1 * (p_r^a - P^*) = 0 \quad (2) \\ \lambda_2 * (P_t^v - P^*) = 0 \quad (3) \\ \lambda_3 * (2 * p_r^a - P^* - P_t^v) = 0 \quad (4) \end{array} \right\}$$

- Si $\lambda_1 = \lambda_2 = \lambda_3 = 0$ alors $P^* = P_t^v$ (d'après l'équation (1)) : solution non faisable car l'agent (a) va toujours contre-proposer la dernière offre de l'agent (v), d'où au moins un multiplicateur doit être non nul.
- Si $\lambda_1 = \lambda_2 = 0$ et $\lambda_3 \neq 0$ alors $\lambda_3 = -2(P_t^v - P^*)$ (équation (1)). En remplaçant λ_3 dans (4), on déduit $P^* = 2 * p_r^a - P_t^v$
- Si $\lambda_1 = \lambda_3 = 0$ et $\lambda_2 \neq 0$ alors $\lambda_2 = -2(P_t^v - P^*)$ (équation (1)). En remplaçant λ_2 dans (3), on déduit $P^* = P_t^v$
- Si $\lambda_2 = \lambda_3 = 0$ et $\lambda_1 \neq 0$ alors $\lambda_1 = -2(P_t^v - P^*)$ (équation (1)). En remplaçant λ_2 dans (2), on déduit $P^* = P_r^a$

La solution préférée par l'agent rationnel est celle qui maximise son profits A exprimé par:

$$\max(A) = \max(P_r^a - P^*)$$

Il s'agit de minimiser la valeur de P^*:

$$P^* = \min\left[(2 * p_r^a - P_t^v), P_t^v, P_r^a\right]$$

IV. Evaluation Et Validation de l'approche rationnelle

Le problème de négociation bilatérale est illustré par un exemple de négociation du prix d'un bien entre un acheteur et un vendeur. Le processus, de point de vue acheteur (l'agent rationnel), est modélisé par un jeu dynamique sous sa forme extensive [**46**], basé sur des règles de négociation prédéfinies.

L'acheteur doit spécifier un point d'aspiration qui exprime les valeurs souhaitées du prix du produit à acheter et un point d'exigence qui représente la valeur minimale réservée acceptable pour ce critère. Le vendeur exprime, de son côté, ses valeurs souhaitées du prix et converge dans le temps (inférieur ou égal à son délai de négociation) vers la valeur minimale exigée.

Plus explicitement, la négociation du prix d'un bien est basée sur un espace de concession de la part de l'acheteur et de celui du vendeur. Chaque joueur commence par proposer sa valeur préférée (la plus avantageuse) puis converge vers la valeur limite (offre réservée) la moins préférée afin de trouver une zone de compromis avec son adversaire.

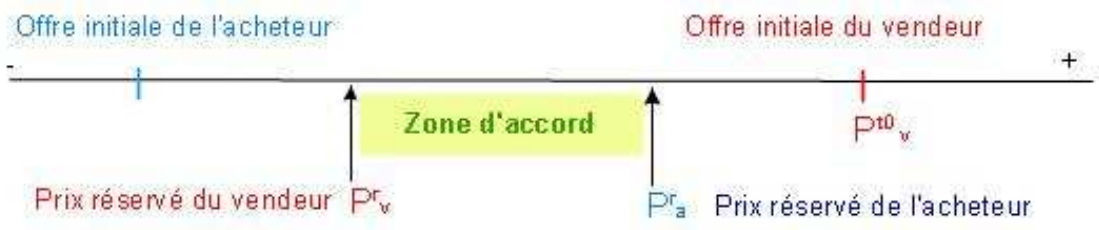


Figure 7: les limites de la zone d'accord entre un acheteur et un vendeur

Comme illustré dans la Figure 7, la zone d'accord est limitée par les valeurs réservées cachées P_r^v et P_r^a respectivement du vendeur et de l'acheteur. Pour arriver à un accord les offres des deux joueurs doivent converger vers cette zone d'accord avant de dépasser leurs délais limites de négociation.

L'étude expérimentale porte sur une étude comparative entre l'approche rationnelle et l'approche basée sur le temps [**12**] par l'évaluation d'un ensemble de paramètres et de variables de l'environnement de négociation.

1. Environnement et paramètres de négociation: négociation du prix d'un bien entre un acheteur et un vendeur:

La stratégie présentée mène une analyse comportementale d'un agent acheteur de stratégie rationnelle contre un vendeur de stratégie dépendante du temps, en négociation bilatérale pour le prix d'un bien.

- L'agent acheteur est doté de :
  - Une mémoire contenant sa base de connaissance et l'historique des transactions,
  - Un comportement rationnel basé sur un ensemble de règles stratégiques garantissant un gain mutuel avec l'adversaire,

- Une capacité d'apprentissage,
- Une faculté d'adaptation à l'environnement virtuel dans lequel il réagit.

➢ L'agent vendeur est caractérisé par:

- Une fonction d'offre décroissante dans le temps,
- Un comportement d'aspect psychologique constant (conciliateur, neutre, ou agressif).

2. Mesures d'Evaluation

Le problème de la négociation est présenté sous la forme d'un jeu stratégique défini par le triplet $< A,\ P,\ U >$ où :

- A est l'ensemble de joueurs, $A = \{a, v\}$ (a : acheteur, v : vendeur),
- P est l'ensemble de stratégies des deux joueurs P :

$$P = \{\{P_v^{t_0},\ P_v^{t_0+2},\ P_v^{t_0+4},..,\ P_v^{T_{mv}}\}, \{P_a^{t_0+1},\ P_a^{t_0+3},\ P_a^{t_0+5},..,\ P_a^{T_{ma}}\}\}$$

- $P_v^{t_0}$ la proposition du vendeur v à l'instant t_0 ,
- $P_a^{t_0+1}$ la proposition de l'acheteur a à l'instant $t_0 + 1$,
- $P_v^{T_{mv}}$ et $P_a^{T_{ma}}$ sont respectivement les dernières offres possibles (limites) de v et de a à T^{mv} et T^{ma} tel que $\max(T^{ma}, T^{mv}) <= \min(T_{\max}^{a}\ et\ T_{\max}^{v})$; $T_{\max}^{a}$ et $T_{\max}^{v}$ sont respectivement les délais de négociation de l'acheteur a et du vendeur v .

- U est la fonction d'évaluation de gain à chaque proposition donnée :

➢ Evaluation du gain de l'acheteur suite à une proposition P:

$$U_a = (\max_a - P)/(\max_a - \min_a)$$

➢ Evaluation du gain du vendeur suite à une proposition P:

$$U_v = (P - \min_v)/(\max_v - \min_v)$$

P est la dernière proposition issue d'un des deux joueurs (a) ou (v); $P = \left\{P_v^t \,/\, P_a^t\right\}$.

- Pacc est le pourcentage d'accords dans une expérimentation réussie:

$$Pacc = \frac{nombre\ total\ \ des\ accords}{nombre\ total\ des\ \ cas\ de\ \ negociations}$$

- Ntr est le nombre de tours moyen pour atteindre un accord:

$$Ntr = \frac{somme\ des\ nombres\ de\ \ tours\ pour\ atteindre\ un\ accord}{nombre\ total\ \ des\ accords}$$

3. Protocole expérimental:

Chaque nœud de l'arbre de négociation représente une prise de décision définie à partir de l'ensemble des stratégies/ou des propositions d'un joueur :

- Accepter l'offre soumise par l'adversaire et par conséquent les deux joueurs auront la paire d'utilités.
- Refuser l'offre soumise par l'adversaire et contre proposer avec une nouvelle offre si le temps maximal de la négociation n'est pas encore atteint.

Le modèle est inspiré du modèle de Cournot-Nash [**47**]:

- Anticiper les actions futures et raisonner à rebours
- Chercher un ensemble de points d'équilibre (de propositions) qui optimise les utilités (profits) des joueurs.
- Chercher le point d'équilibre P^* qui maximise la paire $\left(U^a_{p^*}, U^v_{p^*}\right)$.

❖ **Point d'équilibre des sous-jeux de négociation**

Le point d'équilibre du sous-jeu à l'instant $t+1$ proposé par l'agent acheteur rationnel est défini par:

- $\mathbf{P}_{t+1}^{a}$: prix d'équilibre qui sera proposé par l'acheteur à l'instant $t+1$,
- $\mathbf{P}_{t}^{v}$: prix du vendeur qui a été proposé à l'instant t (prix non accordé),
- $\mathbf{P}_{r}^{a}$: prix réservé de l'acheteur (à ne pas franchir),

Cet équilibre représente un point de réalisation mutuelle des intérêts des deux joueurs (les utilités respectives de l'acheteur et du vendeur) en se mettant d'accord sur l'offre d'équilibre $\mathbf{P}^{*}$ menant vers un compromis final certain.

❖ **Les tactiques de négociation**

Le modèle proposé définit un ensemble de tactiques de négociations déterminé à partir de la variation du comportement d'aspect psychologique de l'agent de stratégie dépendante du temps (le vendeur). Afin d'évaluer la stratégie gagnante dans les diverses circonstances, un ensemble d'expériences de jeu de négociation entre 100 acheteurs et 100 vendeurs a été réalisé.

Le but de chaque expérience, est de confronter des acheteurs rationnels avec des vendeurs de tempéraments différents (agressifs, neutres, ou conciliateurs) et de stratégie dépendante du temps, et d'évaluer les utilités moyennes résultantes, les nombres de tours moyens pour arriver à un accord et le taux de réussite des processus de négociation.

Cette confrontation oppose deux classes de tactiques:

1) La tactique rationnelle (la présente approche) de l'agent acheteur est définie par le système:

$$\max_{P_{t+1}^{a}}\left[\left(P_{t+1}^{a}-P_{t}^{v}\right)^{2}\right]$$

$$S.C\begin{Bmatrix} p_r^a - P_{t+1}^a \geq 0 \\ P_t^v - P_{t+1}^a \geq 0 \\ 2p_r^a - P_{t+1}^a - P_t^v \geq 0 \end{Bmatrix}$$

Avec

- $\mathbf{P}_{t+1}^a$: prix proposé par l'acheteur à l'instant $t+1$,
- $\mathbf{P}_t^v$: prix du vendeur qui a été proposé à l'instant t,
- $\mathbf{P}_r^a$: prix réservé de l'acheteur,

2) La tactique dépendante du temps est définie par la fonction de sortie suivante :

$$P_v^t = \min_v + (1 - \alpha(t)).\left(\max_v - \min_v\right)$$

a) $\alpha(t)$ est une fonction dépendante du temps qui détermine la vitesse de concession d'une offre: $\alpha(t) = \left(\frac{t}{T_{\max}^v}\right)^{\frac{1}{\beta}}$

b) $T_{\max}^v$: le temps maximal de négociation pour le vendeur

c) $\min_v$: la valeur minimale (limite) du prix (réservée) que peut atteindre le vendeur. $\min_v = \min_a + \theta^a.\partial$

d) $\max_v$: la valeur maximale du prix (désirée) proposée par le vendeur, $\max_v = \min_v + \theta^v$

e) θ^v : l'intervalle de négociation pour l'agent vendeur, $\theta^v = \max_v - \min_v$

f) ∂: le degré d'intersection entre l'intervalle de négociation du vendeur et celui de l'acheteur, $\partial \in [0 \quad 0.99]$; $\partial \approx 0$ désigne un chevauchement total ; $\partial \approx 0.99$ désigne un non-chevauchement.

g) β : le degré d'agressivité ou de concession de l'agent. Si $\beta < 1$ alors l'agent est agressif sinon si $\beta > 1$ alors il est conciliateur.

Ces tactiques sont divisées en six groupes dépendants de la variation des variables β , con et agr (voir Tableau 1):

Classes	**Noms**	**Abréviation**	**Intervalles**
Rationnelle	Ratio	ARatio	-
Dep. temps	Conciliateur	Vcon	$\beta \in [0.1 \quad 0.2]$
Dep. temps	Neutre	Vneu	$\beta = 1.0$
Dep. temps	Agressif	Vagr	$\beta \in [20.0 \quad 40.0]$

Tableau 1: Les tactiques de négociation

❖ **Règles du jeu**

- Le jeu est une succession de tours.
- Chaque tour est composé d'une proposition-contre proposition.
- La contre proposition d'un agent a à l'instant $t+1$ suite à l'offre proposée par l'agent v à l'instant t est :

  - Refus si $t > T^a_{\max}$
  - Accord si $P^t_v \leq P^{t+1}_a$
  - Sinon P^{t+1}_a

La contre proposition d'un agent v à l'instant $t+1$ suite à l'offre proposée par l'agent a à l'instant t est :

  - Refus si $t > T^v_{\max}$
  - Accord si $P^t_a \geq P^{t+1}_v$
  - Sinon P^{t+1}_v

❖ **Expériences**

Les différentes combinaisons possibles de stratégies sont réalisées par les expériences suivantes:

- Première expérience : acheteurs rationnel (ARatio) / vendeurs agressifs (Vagr)
- Deuxième expérience: acheteurs rationnel (ARatio) / vendeurs neutres (Vneu)
- Troisième expérience : acheteurs rationnel (ARatio) / vendeurs conciliateur (Vcon)

❖ **Choix des paramètres de négociation**

- Le choix du candidat qui débute la négociation est aléatoire.
- $\{T^{v}_{\max} , T^{a}_{\max}\} \in [20 \quad 100]$
- $\min_{a} = 10$
- $\theta^{a} \in [10 \quad 90]$
- $\theta^{v} \in [10 , 90]$
- $\partial = 0$

1. Les utilités moyennes des joueurs

D'après la Figure 8, nous remarquons la supériorité des utilités moyennes des stratégies dépendantes du temps par rapport aux stratégies rationnelles sauf dans les cas où ceux-ci sont conciliateurs.

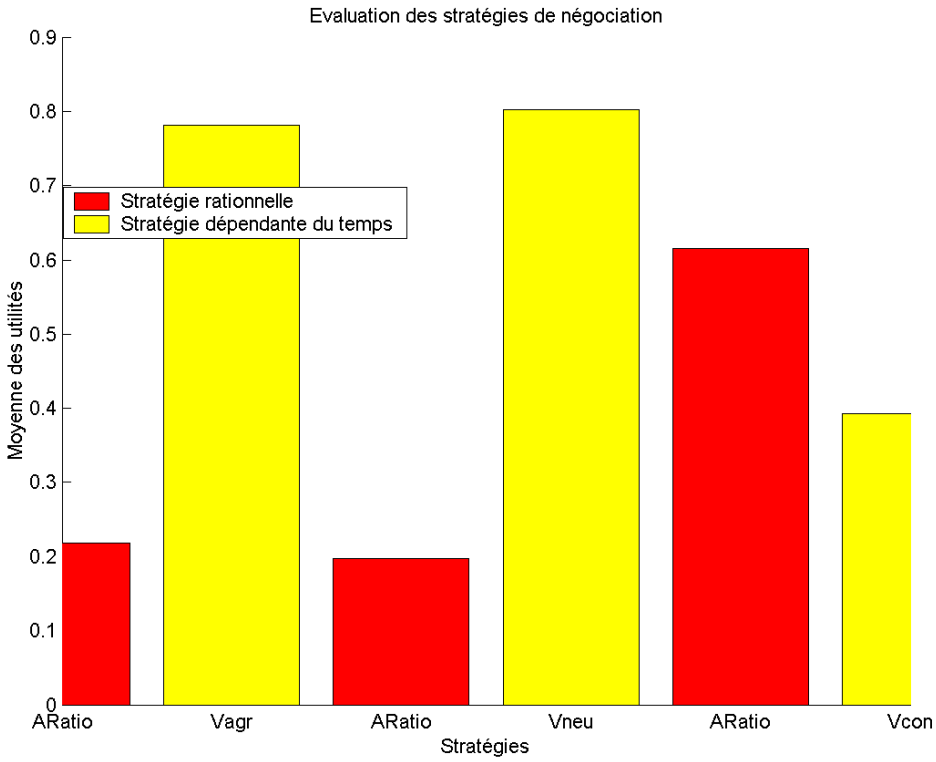


Figure 8: Les utilités moyennes des différentes stratégies des négociations réussies et échouées

2. Les utilités moyennes des joueurs des négociations réussies

D'après la Figure 8, nous observons la supériorité générale des utilités moyennes des stratégies dépendantes du temps par rapport aux stratégies rationnelles pour les cas des négociations réussies.

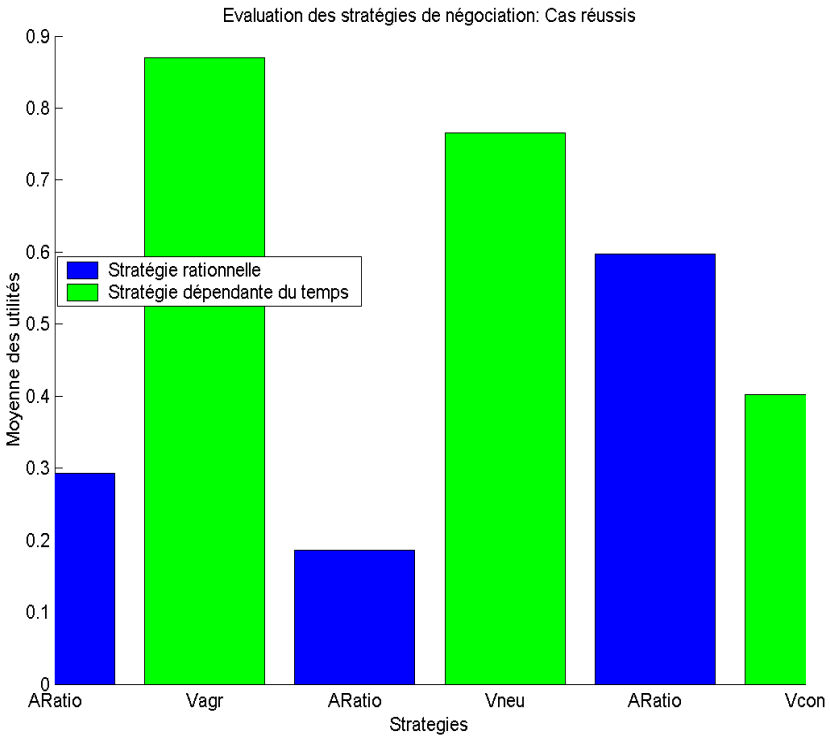


Figure 9: Les utilités moyennes des différentes stratégies des négociations réussies

3. Le Pourcentage d'Accords

Comme présenté dans Figure 10, le pourcentage d'accords est presque total: tous les cas de négociations sont réussis quelles que soient les stratégies adoptées par les joueurs compétiteurs.

En d'autre terme, la négociation se termine toujours par un accord mutuel entre les deux parties (initialement conflictuelles) indépendamment de leurs tactiques et comportements.

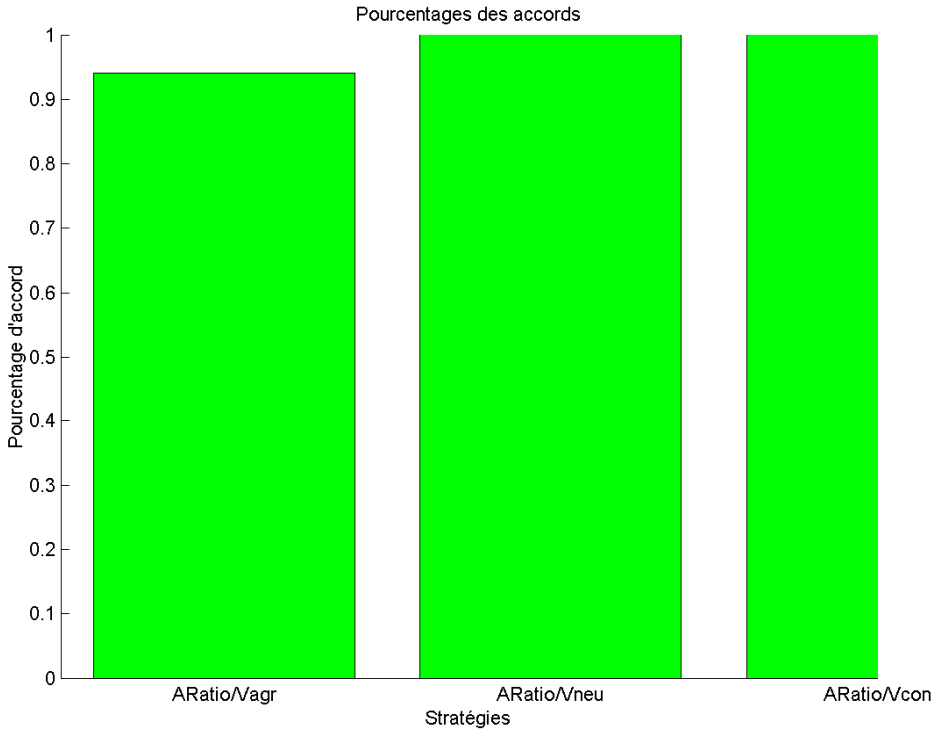


Figure 10: Les pourcentages des accords

4. La Moyenne du nombre de tours

Nous remarquons, d'après Figure 11 que les moyennes des nombres de tours pour atteindre un accord dans les différentes stratégies, sont petites et ne dépassent pas le 15 ème tour de négociation (cas de confrontation d'un agent rationnel contre un agent dep.temp agressif (ARatio/Vagr)).

Cette expérimentation dénote un temps global réduit de négociation indépendant des stratégies des candidats. Ceci favorise un gain notable du temps de négociation des deux joueurs.

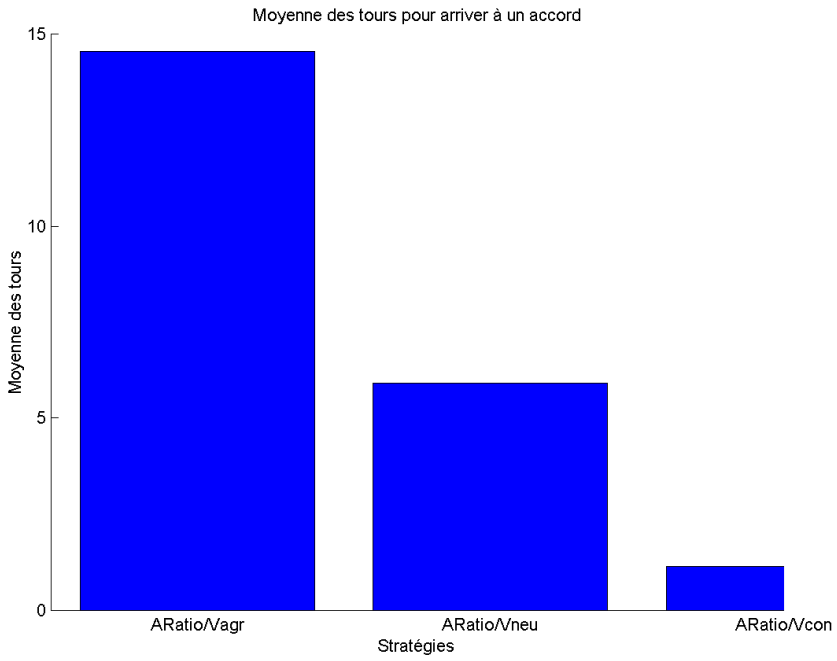


Figure 11: Les moyennes des nombres de tours

V. Conclusion

Ce chapitre présente une solution aux problèmes de désaccord et de conflits entre des agents antagonistes lors d'un processus bilatéral de négociation. Cette solution définit une stratégie rationnelle basée sur la théorie des jeux afin de rationnaliser les interactions futures entre les deux joueurs et de garantir un intervalle d'entente entre eux dans un temps reduit de négociation.

L'étude expérimentale entre un agent rationnel (un acheteur) et un agent de stratégie dépendante du temps a montré une réussite de la stratégie rationnelle dans la mesure où elle garantit un accord total entre les joueurs d'intérêts conflictuels et un temps réduit pour arriver à un compromis final. Mais cette stratégie ne garantit pas un gain optimal pour le joueur rationnel par rapport à un joueur de stratégie différente en terme d’utilité finale réalisée.

Approche basée sur le Tempérament et la Rationalité D'un agent intelligent Pour modéliser la Négociation automatisée

La beauté d'une négociation,

C'est l'équilibre entre les idées de chacun et le désir de s'entendre.

Guy Cabana

Chapitre 4: L'approche floue basée sur l'un des aspects de la personnalité d'un agent négociateur : le tempérament

I. Introduction

Dans ce Chapitre, nous nous intéressons à étudier le comportement d'un agent au cours du processus complexe de négociation (bilatérale automatisée) en se basant sur un des aspects de la personnalité à savoir le **tempérament** ou le caractère de l'agent.

Selon G. Saucier et R.Goldberg [**48**] le terme « **tempérament** » est défini comme l'ensemble de caractères déterminant la conduite de l'agent en tant que conciliateur, neutre, ou agressif afin de réaliser ses objectifs.

Dans la présente approche, la conduite de l'agent est le résultat d'une modélisation de la variation approximative de ses caractères courants, déterminant son tempérament au cours du processus de négociation, basée sur les principes de la logique floue. Le choix de la logique floue est justifié par la faculté d'expression des connaissances sémantiques (relatives aux traits de caractères de l'agent) utilisées dans la base d'expertise, et d'aide à la prise de décisions.

Ainsi, nous proposons de mettre en place un modèle de prise de décisions (Figure 12), d'un agent négociateur (négociateur le prix comme acheteur d'un objet avec un adversaire comme vendeur), qui, à partir d'une proposition d'un adversaire au temps actuel t, de sa dernière proposition à t-1, et du temps actuel t, fournira une contre-proposition visant à satisfaire les objectifs souhaités d'un acheteur à savoir un gain en prix et en temps ainsi qu'une possible garantie d'un accord final avec l'adversaire.

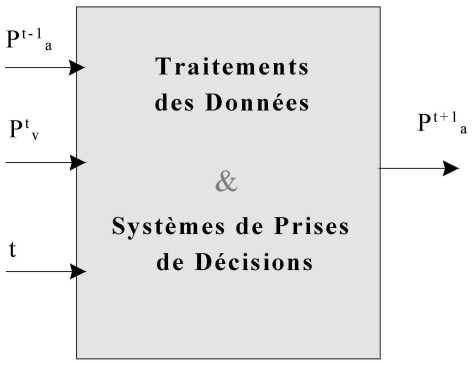


Figure 12: Le modèle générique d'un négociateur (acheteur).

Les entrées du modèle proposé de l'acheteur (a) sont la dernière proposition ($P^{t-1}a$), la proposition courante de l'adversaire vendeur v (P^tv) et le temps actuel de négociation (t).

La suite de ce Chapitre est organisée comme suit : dans la Section 4.2 nous détaillerons le modèle flou proposé basé sur la personnalité, ensuite en Section 4.3 nous présenterons l'évaluation et la validation de l'approche floue proposée pour la simulation d'un comportement de négociation, et nous clôturons ce Chapitre par la Section 4.4 Conclusion.

II. Modélisation de la négociation bilatérale

La modélisation de la négociation bilatérale a été représentée dans le chapitre précédent en tant que jeu de négociation entre deux partenaires dont le but est d'atteindre la zone d'accord est d'en bénéficier des gains réciproques.

Dans ce chapitre nous allons mettre en relief l'effet de la personnalité de l'agent sur le processus de négociation.

Par exemple, prenons le cas d'une négociation bilatérale entre un agent (a) et un agent (v). Ces agents (a) et (v) définissent respectivement les valeurs privées réservée (à ne pas dépasser) P_a^r et P_v^r qui limitent la zone d'accord.

Le premier tour de négociation renferme les offres préférées des deux adversaires à l'instant initial t_0 (nous supposons qu'à t_0, l'agent (v) propose l'offre maximale la plus bénéfique à ses

intérêts P_v^{t0} par contre l'agent (a) contre-propose l'offre minimale la plus adéquate à ses objectifs P_a^{t0+1}).



Figure 13: Premier tour de négociation

Le deuxième tour, présenté par les figures ci-dessous (Figure 13 - Figure 17), contient les offres P_v^{t0+2} et P_a^{t0+3}respectivement de l'agent (a) et de l'agent (v). Ces dernières dissimulent les vitesses de concession des deux parties vers la zone d'accord, elles dépendent principalement du tempérament des deux compétiteurs:

- Si les deux adversaires (a) et (v) sont agressifs : la concession des deux parties, vers la zone d'accord est très lente. Par conséquent, le pourcentage d'accord est faible.



Figure 14: Les deux agents sont agressifs

- Si les deux adversaires sont conciliateurs : la concession des deux parties est très rapide. Par conséquent le taux d'accord est grand.

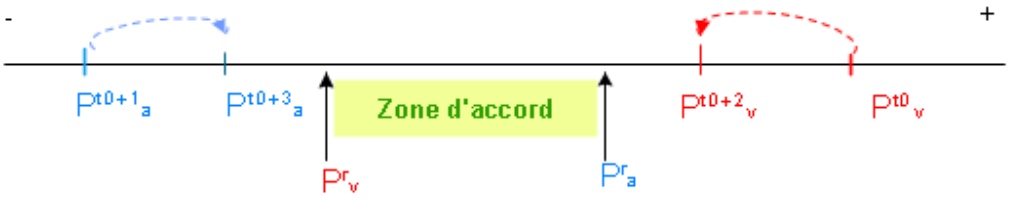


Figure 15: Les deux agents sont conciliateurs

- Si l'agent (a) est conciliateur et l'agent (v) est agressif : la concession de (a) est rapide alors que celle de (v) est lente.



Figure 16: L'agent (a) est conciliateur et l'agent (v) est agressif

- Si l'agent (a) est agressif et l'agent (v) est conciliateur : la concession de (a) est lente alors que celle de (v) est rapide.



Figure 17: L'agent (a) est agressif et l'agent (v) est conciliateur

Ainsi, la réussite du processus de négociation dépend entre autres de la personnalité des agents et de leur coopération pour atteindre la zone d'accord.

III. Le modèle de négociation basé sur la personnalité

L'objectif du modèle proposé est de simuler un comportement de négociation basé sur les variations floues des traits de caractères d'un agent négociateur (acheteur), reflétant sa personnalité, en réponse aux propositions d'offres de son adversaire (vendeur). Ces traits de caractères influencent le comportement de l'agent au cours du processus de négociation : un caractère conciliateur produit un comportement coopératif et un caractère agressif incitant à un comportement compétitif.

Dans une telle modélisation, un agent doit apprendre des comportements de négociation (de coopération, ou de compétition) lui permettant de s'adapter intelligemment aux éventuelles propositions de son adversaire relativement aux comportements de ce dernier: si l'adversaire est agressif et sa proposition est insatisfaisante aux objectifs de l'agent proposé (de conduite tempéramentale), alors ce dernier devient plus agressif et son comportement va être plus compétitif dans sa prise de décision, sinon si l'adversaire est conciliateur et sa réponse est satisfaisante alors le comportement de l'agent va être plus coopératif dans sa contre-proposition.

Plus explicitement, le modèle proposé (présenté dans la Figure 18) comprend les fonctionnalités suivantes:

- Contrôle des traits de caractères : permet d'évaluer la variation des traits de caractère suite à une proposition de l'adversaire.
- Mise à jour des caractères : permet de mettre à jour les caractères internes de l'agent.
- Evaluation du caractère dominant : permet de déterminer à partir des traits de caractères de l'agent, le caractère (comportement) dominant.
- Mise à jour de la proposition : permet de déterminer, à partir du comportement de l'agent, de sa dernière proposition, et de la proposition courante de l'adversaire, la contre-proposition de l'agent.

Ainsi, ce modèle met en relief l'influence de la personnalité du négociateur au sens du **tempérament** (caractère) sur la mise à jour de la réponse (contre-proposition) de l'agent. Cette mesure évolue dynamiquement en fonction de la proposition courante de l'adversaire vendeur (P_v^t), de la dernière proposition offerte par l'agent acheteur (P_a^{t-1}), et du temps actuel de négociation (t).

Une fois la variation des caractères est déterminée par ({var-con, var-agr}), les caractères sont mis à jour par ({ncon, nagr}), et un nouveau caractère dominant (car), tel que conciliateur ou agressif, est alors établi permettant la mise à jour de la nouvelle proposition.

Ainsi, la nouvelle proposition de l'agent (P_a^{t+1}) est fonction des variables car, P_a^{t-1}, et t.

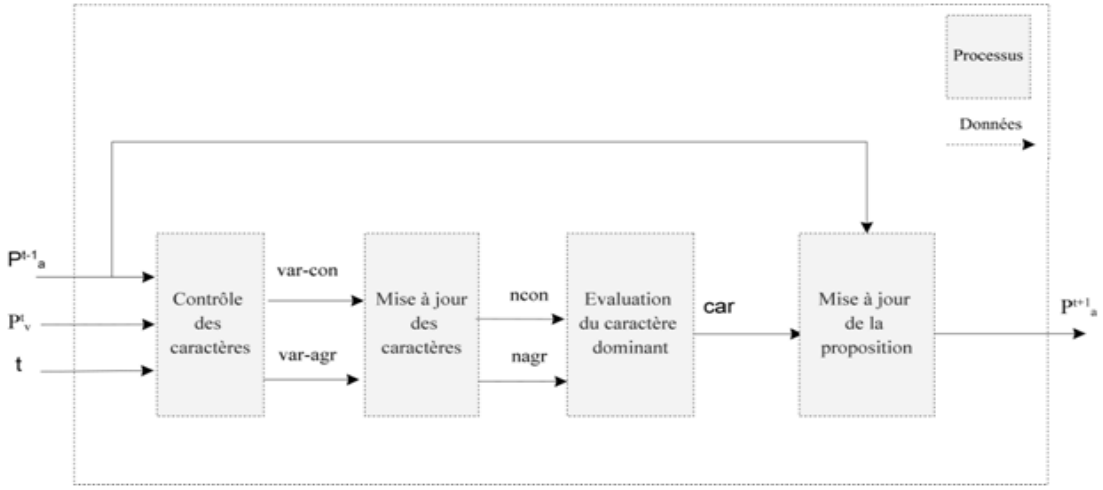


Figure 18: Le modèle de négociation basé sur la personnalité.

Les modules de Contrôle des caractères, Evaluation du caractère dominant, et Mise à jour de la proposition sont modélisés à l'aide des systèmes flous de type Mamdani. [**49**] [**50**]

Le choix du système flou est dû à sa capacité de représenter et d'évaluer les connaissances approximatives de valeurs imprécises tels que les variations des caractères (var-con et var-agr) et les caractères (ncon, nagr, et car).

1. Contrôle des caractères

Comme illustré par la Figure 19, à partir d'une offre proposée par l'agent vendeur (v) à un instant $_t$ (P_v^t), une offre antérieure de l'agent acheteur (a) à un instant $t-1$ (P_a^{t-1}), et un temps actuel de négociation le module contrôle des caractères se chargera de déterminer la variation des caractères de l'agent défini par la paire {var-con, var-agr}.

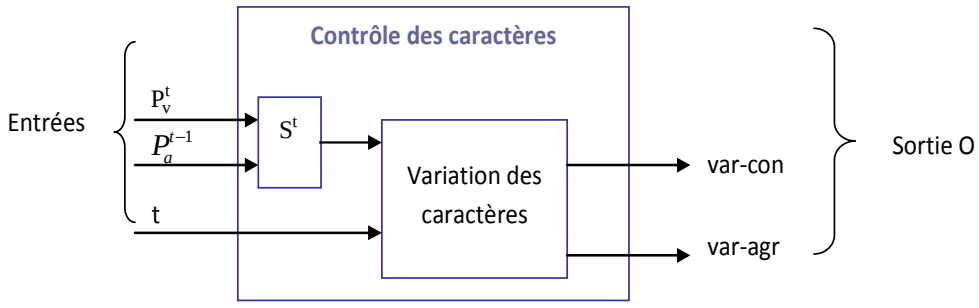


Figure 19: Le module contrôle des caractères.

- $O = [\text{var} - con, \text{var} - agr]$.

- var-con : variation du caractère conciliateur courant de l'agent

- var-agr : variation du caractère agressif courant de l'agent

Ainsi, comme présenté dans la Figure 19, la variation des traits de caractères de l'agent négociateur au sens de compétitivité (var-agr), ou de collaboration (var-con), est fonction :

- Du temps actuel (t) de négociation ; $t \in [0 \quad 1]$ [1].

- Et du degré de similarité S^t entre l'offre P_a^{t-1} et l'offre P_v^t défini par :

$$S^t = 1 - \frac{\left| P_a^{t-1} - P_v^t \right|}{\max \left\{ P_a^t , P_v^t \right\}} = \frac{\min \left\{ P_a^{t-1} , P_v^t \right\}}{\max \left\{ P_a^t , P_v^t \right\}} \quad [\mathbf{51}]$$

Comme les variables S^t, t sont deux mesures imprécises, nous avons opté à les définir à partir des degrés d'appartenance partiels à des ensembles flous.

❖ **Modélisation floue du module contrôle des caractères** :

La modélisation floue permet de définir, en se basant sur les fondements de la logique floue [**52**], les classes d'appartenance floues des variables S^t et t ainsi que les relations sémantiques (ou règles d'inférences) entre ces variables et les variables de sorties var-con et var-agr.

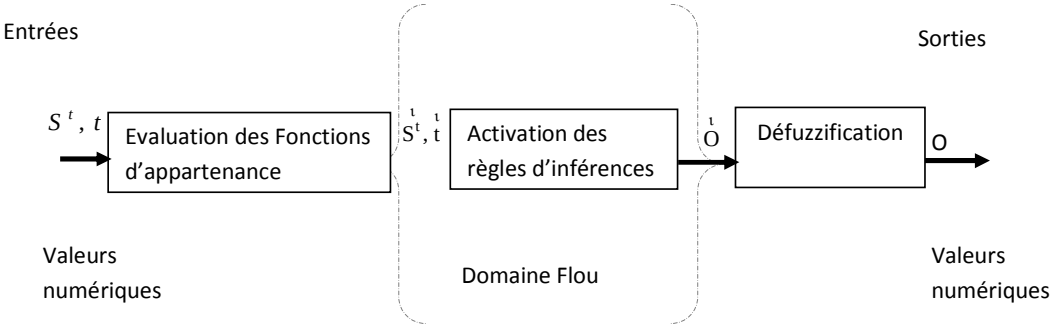


Figure 20 :Synoptique du Système flou pour le contrôle des caractères.

[1] Afin de faciliter la modélisation floue de la variable t nous avons normalisé l'intervalle de variation de cette variable à [0 1], c.à.d. la valeur 0 représente le temps initial et la valeur 1 représente le temps maximal (T de négociation.

La Figure 20 présente 3 variables floues $\tilde{S}^t$, $\tilde{t}$, et $\tilde{O}$ définies comme suit :

- Les variables floues $\tilde{S}^t$ et $\tilde{t}$ résultent du mécanisme de fuzzification des variables numériques des entrées S^t et $_t$.

- La variable floue $\tilde{O}$ est la conclusion des règles d'inférences appliquées à $\tilde{S}^t$ et $\tilde{t}$.

- **Modèle flou de la variable S^t :**

La variable S^t présente le taux de ressemblance et de dissemblance entre la dernière offre de l'agent (a) et l'offre courante de l'agent (v). L'agent (a) devient :

- Collaboratif si S^t s'approche de 1 ($S^t \cong 1$) ; S^t est dite désirable car l'offre courante de l'agent (v) est très proche de la dernière offre de l'offre de l'agent (a).

- Moyennement collaboratif si S^t s'approche de 0.5 ($S^t \cong 0.5$) ; S^t est dite acceptable car l'offre courante de l'agent (v) est moyennement proche de la dernière offre de l'offre de l'agent (a).

- Compétitif si S^t s'approche de 0 ($S^t \cong 0$) ; S^t est dite indésirable car l'offre courante de l'agent (v) est éloignée de la dernière offre de l'offre de l'agent (a).

Cette modélisation nous permet de déduire trois classes floues {indésirable, acceptable, désirable} de S^t, présentée dans la Figure 21, caractérisées par les fonctions d'appartenance suivantes :

- $\mu_{ind}(S^t)$: fonction d'appartenance de la variable S^t à la classe indésirable.

$$\mu_{ind}(S^t) = \begin{cases} 1 & si \;\; S^t \in [0 \;\; 0.3] \; (S^t \; est \; totalement \; indésirable) \\ 0 & si \;\; S^t \in [0.5 \;\; 1] \;\; (S^t \; est \; non \; indésirable) \\ ]0 \;\; 1[& si \;\; S^t \in [0.3 \; 0.5] \;\; (S^t \; est \; partiellement \; indésirable) \end{cases}$$

- $\mu_{acc}(S^t)$: fonction d'appartenance de la variable S^t à la classe acceptable.

$$\mu_{acc}(S^t) = \begin{cases} 1 & si\ \ S^t \in [0.5\ \ 0.7]\ \ (S^t\ est\ totalement\ acceptable) \\ 0 & si\ \ S^t \in [0\ \ 0.3] \cup [0.9\ \ 1]\ \ (S^t\ est\ non\ acceptable) \\ ]0\ \ 1[& si\ \ S^t \in [0.3\ 0.5] \cup [0.7\ \ 0.9]\ \ (S^t\ est\ partiellement\ acceptable) \end{cases}$$

- $\mu_{des}(S^t)$: fonction d'appartenance de la variable S^t à la classe désirable.

$$\mu_{des}(S^t) = \begin{cases} 1 & si\ \ S^t \in [0.9\ \ 1]\ \ (S^t\ est\ totalement\ désirable) \\ 0 & si\ \ S^t \in [0\ \ 0.7]\ \ (S^t\ est\ non\ désirable) \\ ]0\ \ 1[& si\ \ S^t \in [0.3\ 0.5]\ \ (S^t\ est\ partiellement\ désirable) \end{cases}$$

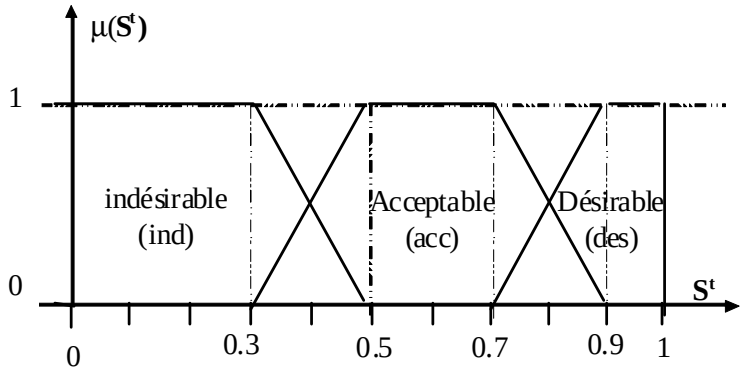


Figure 21: Modélisation de la variable S^t

Dans la Figure 21 nous avons spécifié l'univers de discours de S^t à [0 1], ce choix est dû à la nature de la variation du degré de ressemblance entre les propositions des deux adversaires qui varie entre 0% et 100%. Ainsi une valeur proche de 0 est qualifiée d'indésirable, une valeur proche de 1 est désignée comme désirable, et une valeur autour de 0.5 est qualifiée d'acceptable.

- **Modèle flou de la variable *t* :**

Le temps (t), présente un facteur d'influence sur le comportement de l'agent(a) au cours du processus de négociation. L'agent (a) devient :

- Collaboratif si *t* est proche de 0 ($t \cong 0$); *t* est dit favorable car t est éloigné du temps maximal (délai) de négociation,

- Moyennement collaboratif si t est proche de 0.5 ($t \cong 0.5$); t est dit critique car t est proche du délai de négociation,

- Compétitif si t est proche de 1 ($t \cong 1$); t est dit défavorable car le délai de négociation est atteint.

Cette spécification nous permet de déduire trois classes floues {favorable, critique, défavorable} de *t*, présentées dans la Figure 22, caractérisées par les fonctions d'appartenance suivantes :

- $\mu_f(t)$: fonction d'appartenance de la variable t à la classe favorable.

$$\mu_f(t) = \begin{cases} 1 & si \;\; t \in [0 \;\; 0.5] \; (t \; est \; totalement \; favorable) \\ 0 & si \;\; t \in [0.7 \;\; 1] \; (t \; est \; non \; favorable) \\ ]0 \;\; 1[& si \; t \in [0.5 \;\; 0.7] \quad (t \; est \; partiellement \; favorable) \end{cases}$$

- $\mu_c(t)$: fonction d'appartenance de la variable t à la classe critique.

$$\mu_c(t) = \begin{cases} 1 & si \;\; t \in [0.7 \;\; 0.8] \; (t \; est \; totalement \; critique) \\ 0 & si \;\; t \in [0 \;\; 0.5] \quad (t \; est \; non \; critique) \\ ]0 \;\; 1[& si \; t \in [0.5 \;\; 0.7] \cup [0.8 \;\; 1] \quad (t \; est \; partiellement \; critique) \end{cases}$$

- $\mu_d(t)$: Fonction d'appartenance de la variable t à la classe défavorable.

$$\mu_d(t) = \begin{cases} 1 & si \;\; t \geq 1 \quad (t \; est \; totalement \; défavorable) \\ 0 & si \quad t \in [0 \;\; 0.8] \; (t \; est \; non \; défavorable) \\ ]0 \;\; 1[& si \; t \in [0.8 \;\; 1] \quad (t \; est \; partiellement \; défavorable) \end{cases}$$

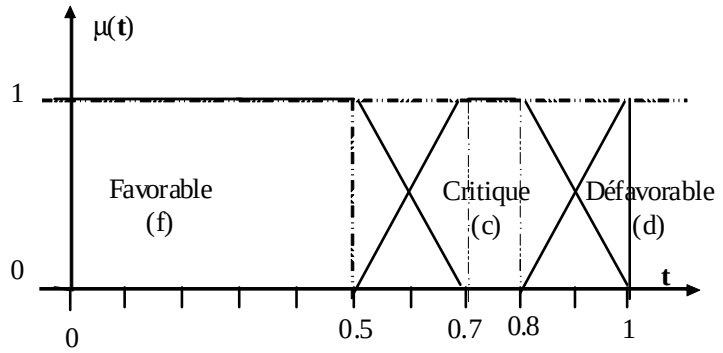


Figure 22: Modélisation de la variable t.

Dans la Figure 22, nous avons normalisé l'univers de discours à [0 1], où les valeurs 0 et 1 représentent respectivement le temps de début et le délai de négociation. Cet intervalle a été subdivisé en trois sous-intervalles :

- [0 0.5] : temps complètement favorable
- [0.7 0.8] : temps complètement critique
- ≥1 : temps complètement défavorable

❖ **Elaboration de la base des règles d'inférences:**

Nous définissons les variables de sortie $\text{var} - con$ et $\text{var} - agr$ comme suit :

- La variable $\text{var} - con$ (variation du caractère conciliateur) appartient à quatre sous-ensembles flous : très-négatif, négatif, positif et très-positif.
- La variable $\text{var} - agr$ (variation du caractère agressif) appartient à quatre sous-ensembles flous : très-négatif, négatif, positif et très-positif.

La variable floue $\tilde{O}$ est exprimée par :

$$\tilde{O} = \left\{ \begin{array}{l} \text{var_}con \;\; EST \left[\text{très - négative} \mid \text{négative} \mid \text{positive} \mid \text{très - positive} \right] \\ \text{var_}agr \;\; EST \left[\text{très - négative} \mid \text{négative} \mid \text{positive} \mid \text{très - positive} \right] \end{array} \right\}$$

La syntaxe d'une règle de la base d'inférence est sous la forme :

SI S^t est [désirable | acceptable | indésirable] **ET** t est [favorable | critique | défavorable] **ALORS** $\text{var} - con$ est [très-négatif | négatif | positif | très-positif] **ET** $\text{var} - agr$ est [très-négatif | négatif | positif | très-positif]

❖ **La base d'inférence contient les règles suivantes:**

SI S^t est désirable ET t est favorable ALORS var-con est positif ET var-agr est négatif

SI S^t est désirable ET t est critique ALORS var-con est très-positif ET var-agr est négatif

SI S^t est désirable ET t est défavorable ALORS var-con est très-négatif ET var-agr est très-positif

SI S^t est acceptable ET t est favorable ALORS var-con est positif ET var-agr est négatif

SI S^t est acceptable ET t est critique ALORS var-con positif est ET var-agr est négatif

SI S^t est acceptable ET t est défavorable ALORS var-con est très-négatif ET var-agr est très-positif

SI S^t est indésirable ET t est favorable ALORS var-con est négatif ET var-agr est positif

SI S^t est indésirable ET t est critique ALORS var-con est très-négatif ET var-agr est positif

SI S^t est indésirable ET t est défavorable ALORS var-con est très-négatif ET var-agr est très-positif

❖ **Défuzzification (Numérisation de la sortie floue $\tilde{O}$)**:

Le centre de gravité des ensembles d'appartenance flous de la variable de sortie $\text{var} - con$ et celui des ensembles d'appartenance flous de la variable de sortie $\text{var} - agr$ sont utilisés pour le processus de défuzzification (Figure 23) afin de donner la situation de prise de décisions sur variation du comportement O ; $O = \{\text{var} - con, \text{var} - agr\}$.

Dans ce contexte var-agr et var-con représentent les abscisses des centres de gravité des ensembles flous déterminés à l'aide de la relation générale suivante :

$$x = \frac{\int_U (x.u(x).dx)}{\int_U (u(x).dx)} \qquad (1)$$

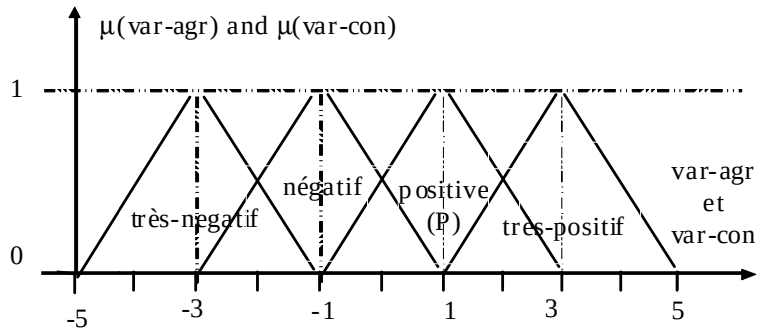


Figure 23: Modélisation des variables var-con et var-agr

❖ **Exemples**

Afin d'illustrer l'impact de la proposition d'entrée (son effet sur la réalisation des objectifs souhaités) et du temps de négociation sur le changement du tempérament du négociateur ayant de traits de personnalité, nous avons réalisé trois exemples portant sur des situations différentes.

➢ **Exemple1 :**

Dans ce premier exemple, la proposition d'entrée est indésirable et le temps actuel de négociation est critique. La sortie de système de contrôle de caractères illustrée par la Figure 24 est une variation négative du caractère conciliateur et une variation positive du caractère agressif.

$$\begin{bmatrix} S^t = 0.151\,(indésirable) \\ t = 0.803\,(critique) \end{bmatrix} \Rightarrow \begin{bmatrix} \text{var}-con = -\ 0.626 \\ \text{var}-agr = 1.8 \end{bmatrix}$$

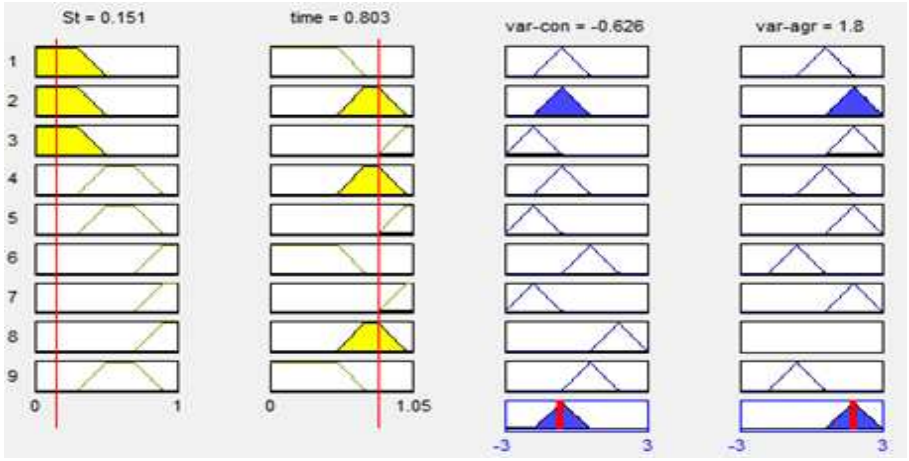


Figure 24: Exemple d'un comportement agressif d'un agent négociateur

- **Exemple2**

Dans cet exemple, la proposition d'entrée est acceptable et le temps actuel de négociation est critique. La sortie du module contrôle des caractères, décrite par la **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**25, présente une très petite variation négative du caractère conciliateur et une très petite variation positive du caractère agressif.

$$\begin{bmatrix} S^t = 0.584\,(acceptable\ ) \\ t = 0.803\,(critique\,) \end{bmatrix} \Rightarrow \begin{bmatrix} \text{var}-con = -\ 0.626 \\ \text{var}-agr = 0.626 \end{bmatrix}$$

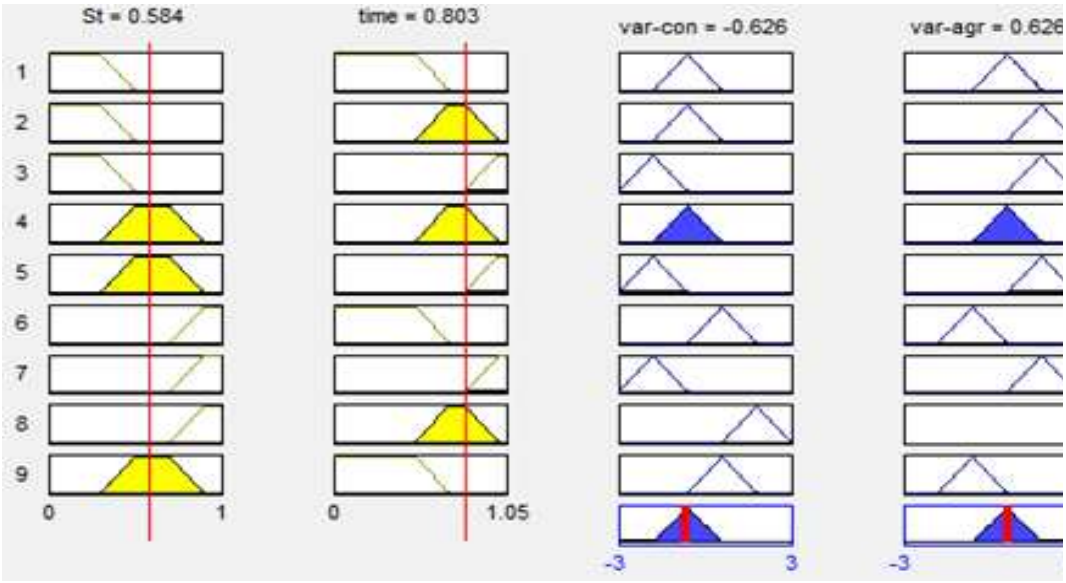


Figure 25: Exemple d'un comportement neutre d'un agent négociateur

- **Exemple3**

Dans ce dernier exemple, la proposition d'entrée est désirable et le temps actuel de négociation est critique. La sortie du module contrôle des caractères présentée par la Figure 26 est une petite variation positive du caractère conciliateur et une très petite variation positive du caractère agressif.

$$\begin{bmatrix} S^t = 0.87\ (\ désirable\ ) \\ t = 0.803\,(\ critique\ ) \end{bmatrix} \Rightarrow \begin{bmatrix} \text{var}-con = 1.23 \\ \text{var}-agr = 0.691 \end{bmatrix}$$

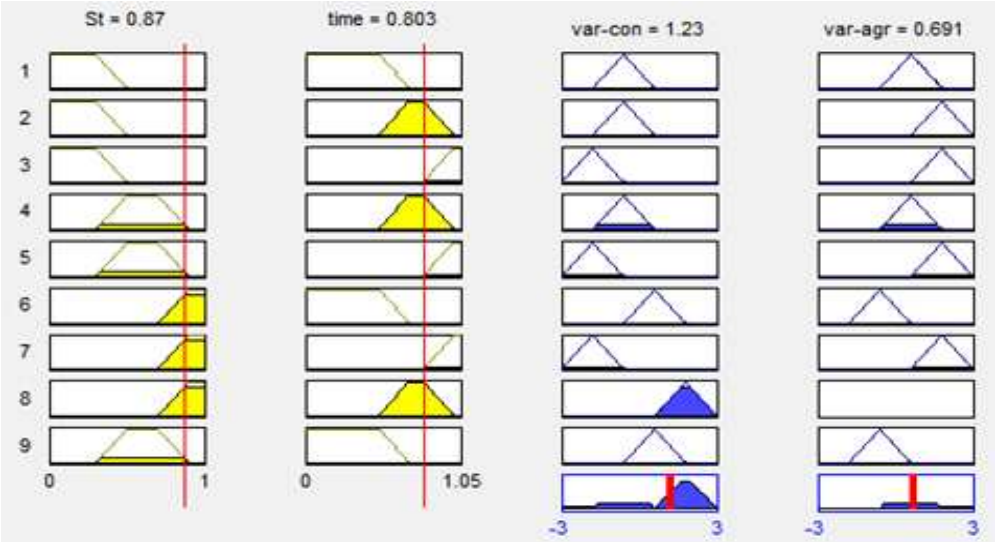


Figure 26: Exemple d'un comportement conciliateur d'un agent négociateur

2. Mise à jour des caractères

La mise à jour d'un caractère interne (présentée par la Figure 27) est procédée par la multiplication du pourcentage de variation de ce caractère en entrée, par sa valeur courante, le tout est additionné à la valeur du caractère courant.

Autrement dit, les nouveaux caractères de l'agent (a) (ncon et nagr) sont définis comme suit:

$$ncon = cur - con + \text{var} - con * cur - con$$

$$nagr = cur - agr + \text{var} - agr * cur - agr$$

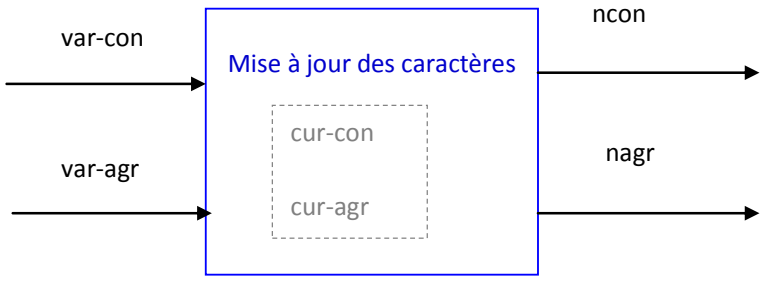


Figure 27: Le module mise à jour des caractères.

- $var - con$: pourcentage de variation du caractère conciliateur
- $var - agr$: pourcentage de variation du caractère agressif
- $cur - con$: caractère conciliateur courant
- $cur - agr$: caractère agressif courant
- $ncon$: nouveau conciliateur
- $nagr$: nouveau agressif

3. Evaluation du caractère dominant

A partir des valeurs respectives du caractère conciliateur et celles du caractère agressif en entrée, le système d'évaluation du comportement de l'agent acheteur (basé sur la logique floue) permet d'évaluer l'attitude de l'agent dans sa prise de décision finale (conciliateur / agressif).

La sortie de ce système, décrite par la Figure 28, présente le caractère dominant de l'agent qui reflète son comportement vis-à-vis son adversaire.

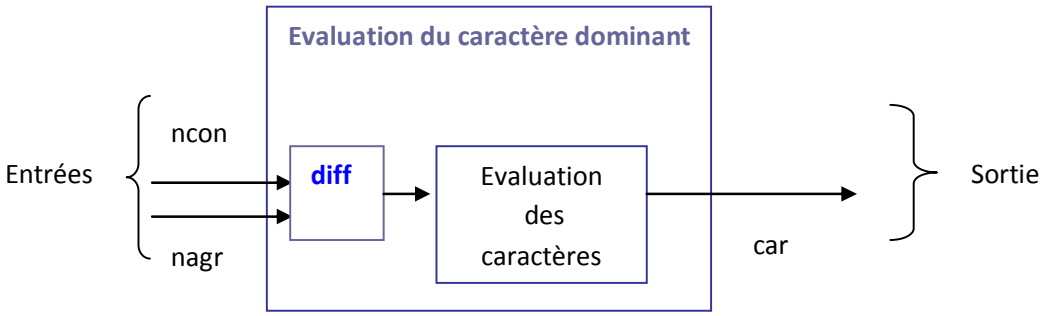


Figure 28: Le module évaluation du caractère dominant.

La variable *diff* exprime la différence entre le nouveau caractère conciliateur (ncon) et le nouveau caractère agressif (nagr) :

$$diff = ncon - nagr$$

Etant donné que la variable *diff* est indirectement déduite à partir de deux variables floues (var-con et var-agr), elle peut être aussi modélisée comme une variable floue

❖ **Modélisation floue du module évaluation du caractère dominant :**

Le mécanisme d'inférence Mamdani (présenté par la Figure 29) permet de fournir la valeur numérique du caractère dominant (présenté par la variable car) à partir de la variable *diff* .

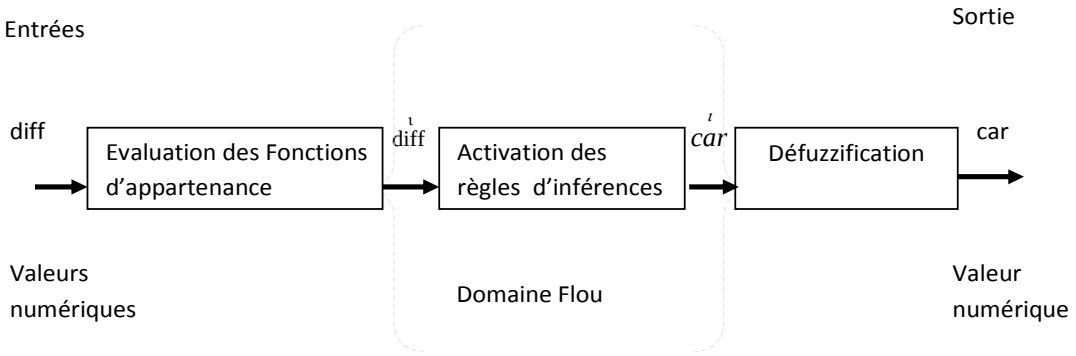


Figure 29: Synoptique du système flou pour l'évaluation du caractère dominant.

diff et $\tilde{car}$ sont respectivement les variables floues de *diff* et de *car* .

❖ **Modèle flou de la variable** *diff*

L'univers de discours de la variable *diff* est représenté par quatre classes floues {très-négatif, négatif, positif, très-positif} (présentées dans la Figure 30) caractérisées par les fonctions d'appartenance suivantes:

– $\mu_{tneg}(diff)$: mesure le degré d'appartenance de la variable *diff* à la classe très-négatif.

$$\mu_{tneg}(diff) = \begin{cases} 1 & \text{si diff} = -6 \ \text{(diff est totalement très_négatif)} \\ 0 & \text{si diff} \in [-2\ 10] \ \text{(diff est non très_négatif)} \\ ]0\ 1[& \text{si diff} \in]-10\ -6[\cup]-6\ -2[\ \text{(diff est partiellement très}_{\text{négatif}}\text{)} \end{cases}$$

– $\mu_{neg}(diff)$: mesure le degré d'appartenance de la variable *diff* à la classe négatif.

$$\mu_{tneg}(diff) = \begin{cases} 1 & \text{si diff} = -2 \quad (\text{diff est totalement négatif}) \\ 0 & \text{si diff} \in [-10\ -6] \cup [2\ \ 10] \quad (\text{diff est non négatif}) \\ ]0\ 1[& \text{si diff} \in]-6\ -2[\cup]-2\ \ 2[\quad (\text{diff est partiellement négatif}) \end{cases}$$

–

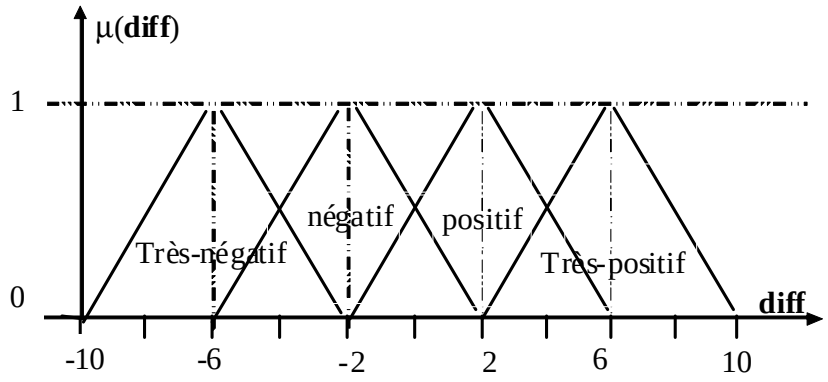
– $\mu_{pos}(diff)$: mesure le degré d'appartenance de la variable *diff* à la classe positif.

$$\mu_{tneg}(diff) = \begin{cases} 1 & \text{si diff} = 2 \quad (\text{diff est totalement positif}) \\ 0 & \text{si diff} \in [-10\ -2] \cup [6\ \ 10] \quad (\text{diff est non positif}) \\ ]0\ 1[& \text{si diff} \in]-2\ \ 2[\cup]2\ \ 6[\quad (\text{diff est partiellement négatif}) \end{cases}$$

– $\mu_{vpos}(diff)$: mesure le degré d'appartenance de la variable *diff* à la classe très-positif.

$$\mu_{tneg}(diff) = \begin{cases} 1 & \text{si diff} = 6 \quad (\text{diff est totalement très_positif}) \\ 0 & \text{si diff} \in [-10\ \ 2] \quad (\text{diff est non très_positif}) \\ ]0\ 1[& \text{si diff} \in]2\ \ 6[\cup]6\ \ 10[\quad (\text{diff est partiellement très_positif}) \end{cases}$$

–



❖ **Elaboration de la base des règles d'inférence**

La base des Règles est sous la forme:

SI *diff* est [très-négatif | négatif | positif| très-positif] **ALORS** car est [très-agressif | agressif | conciliateur| très-conciliateur]

❖ **La base d'inférence contient les règles suivantes:**

If diff est très-négatif ALORS car est très-agressif

If diff est négatif ALORS car est agressif

If diff est positif ALORS car est conciliateur

If diff est très-positif ALORS car est très-conciliateur

❖ **Défuzzification**

Comme indiqué dans la Figure 31, la variable de sortie *car* est définie par les 4 fonctions d'appartenance {très-agressif, agressif, conciliateur, très-conciliateur}.

La variable *căr* est exprimée par :

$$căr \text{ est } [\text{très - agressif} \mid \text{agressif} \mid \text{conciliateur} \mid \text{très - conciliateur}]$$

Le centre de gravité (1) des fonctions d'appartenance floue de la variable de sortie *căr* est utilisé pour le processus de défuzzification (numérisation de *căr*) afin d'exprimer le comportement dominant de l'agent(a) au cours du processus de négociation.

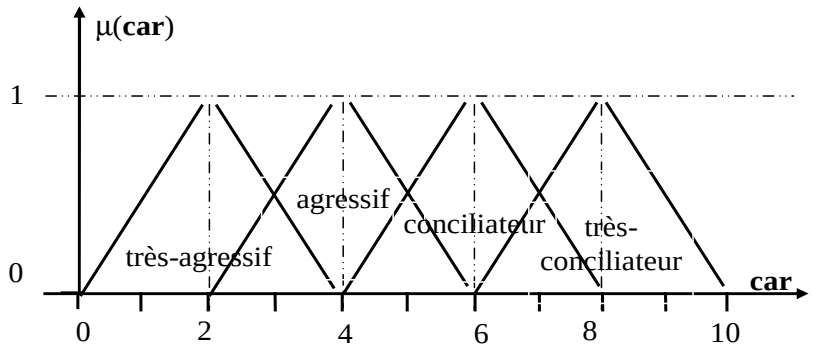


Figure 31: Défuzzification de la variable car

4. Mise à jour de la proposition

La mise à jour de la proposition de l'agent (a) est procédée par le processus de contrôle de la variation δP_a dont le but est de générer une offre ($P_a^{t+1} = P_a^{t-1} + \delta P_a * P_a^{t-1}$) dépendante des variables du contexte courant du processus de négociation tels que le caractère dominant de l'agent(a) (conciliateur/agressif), la dernière offre de l'agent (v) et le gain de l'agent(a) obtenu par cette offre, et le temps actuel de négociation.

Les entrées du système, présentées dans la Figure 32, sont les variables linguistiques *car*, *t*, *et* G_a dont les classes d'appartenance sont respectivement {très-agressif, agressif, conciliateur, très-conciliateur}, {favorable, critique, défavorable}, et {négatif, positif, très-positif}.

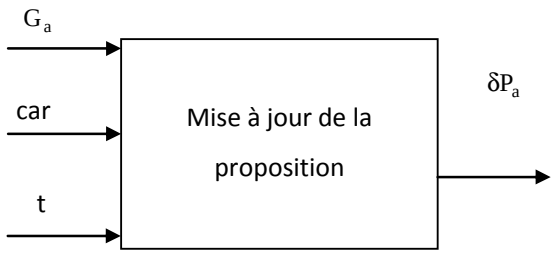


Figure 32: Le module mise à jour de la proposition.

Ces variables linguistiques représentent respectivement :

- car : le caractère de l'agent (a)
- G_a : le gain moyen de l'agent (a) obtenu par la proposition de l'agent (v) à l'instant t.

$$G_a = \frac{P_r - P_v^t}{P_r - P_a^{t_0}}$$

- t : temps courant de la négociation
- δP_a : variation de la proposition de l'agent (a)

❖ **Modélisation floue du module mise à jour de la proposition**

La quantification de la variation δP_a, modélisée par la Figure 33 est générée à partir des processus de fuzzification des variables G_a, car et t, d'activation des règles d'inférence et de défuzzification de la variable $\delta \tilde{P}$.

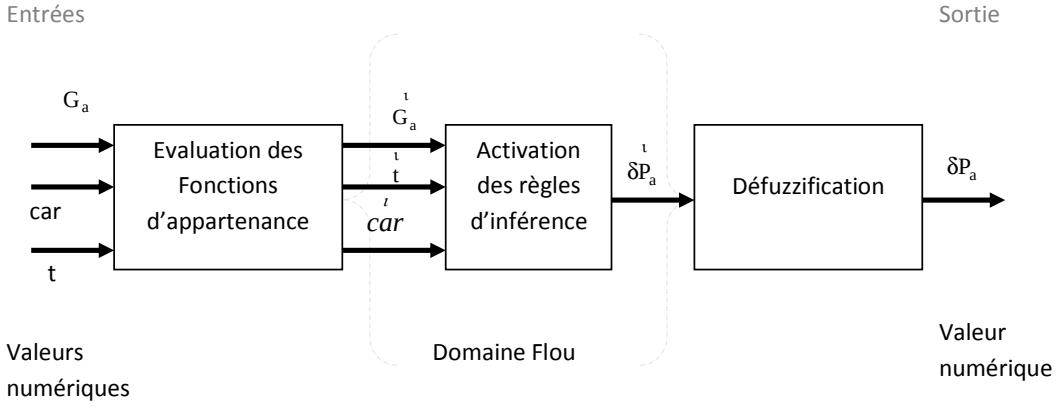


Figure 33: Synoptique du système flou pour la mise à jour de la proposition.

La Figure 33 montre des variables transitoires $\grave{car}$, $\grave{G_a}$, $\grave{t}$, *et* $\grave{\delta P_a}$ qui sont respectivement les variables floues de car, G_a, t et de δP_a.

❖ **Modèle flou de la variable** G_a

Le gain G_a mesure le bénéfice de l'agent (a) déduit de la dernière offre de l'agent (v). Il peut

être attribué à trois classes floues {négatif, positif, très-positif}, présentée dans la Figure 34, dont les fonctions d'appartenance sont définies par:

- $\mu_n(G_a)$: mesure le degré d'appartenance de la variable G_a à la classe négative.

$$\mu_N(G_a) = \begin{cases} 1 & si\ \ G_a \leq -0{,}2\ (\ G_a\ est\ totalement\ négatif) \\ 0 & si\ \ G_a \geq 0{,}2\ (G_a\ est\ non\ négatif) \\ ]0\ \ 1[& si\ \ G_a \in\ ]-0{,}2\ \ 0{,}2[\quad (G_a\ est\ partiellement\ négatif\ ) \end{cases}$$

- $\mu_p(G_a)$: mesure le degré d'appartenance de la variable G_a à la classe positive.

$$\mu_N(G_a) = \begin{cases} 1 & si\ \ G_a \in [0{,}2\ 0{,}4]\ (G_a\ est\ totalement\ \text{positif}) \\ 0 & si\ \ G_a \leq -0{,}2\ ou\ \ G_a \geq 0{,}8\ (G_a\ est\ non\ \text{positif}) \\ ]0\ \ 1[& si\ \ G_a \in\ ]-0{,}2\ \ 0{,}2[\ \cup\ ]0{,}4\ \ 0{,}8[\ (G_a\ est\ partiellement\ \text{positif}) \end{cases}$$

- $\mu_{vp}(G_a)$: mesure le degré d'appartenance de la variable G_a à la classe très-positive.

$$\mu_N(G_a) = \begin{cases} 1 & si\ \ G_a \geq 0{,}8\ (G_a\ est\ totalement\ \text{très} - \text{positif}) \\ 0 & si\ \ G_a \leq 0{,}4\ (G_a\ est\ non\ \text{très} - \text{positif}) \end{cases}$$

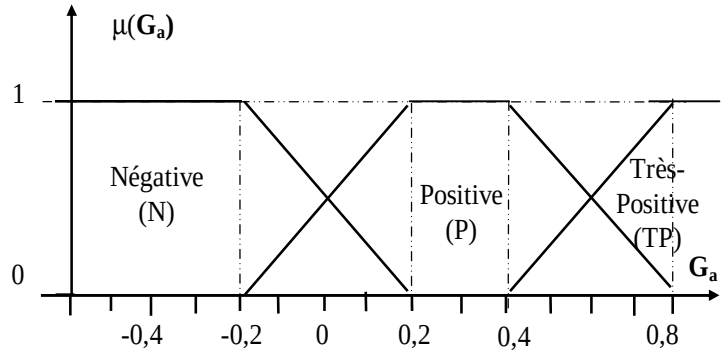


Figure 34: les fonctions d'appartenance de la variable Ga

❖ **Défuzzification**

La phase de défuzzification, illustrée par la Figure 35, présente la quantification (ou numérisation) de la variable floue $\delta\tilde{P}_a$ définie par :

$$\delta\tilde{P}_a = [\,u(très - petit),\ u(petit),\ u(moyen),\ u(grand)\,]$$

Le centre de gravité (1) de ce vecteur, composé des quatre fonctions d'appartenances, est appliqué pour extraire la variation de la proposition δP_a.

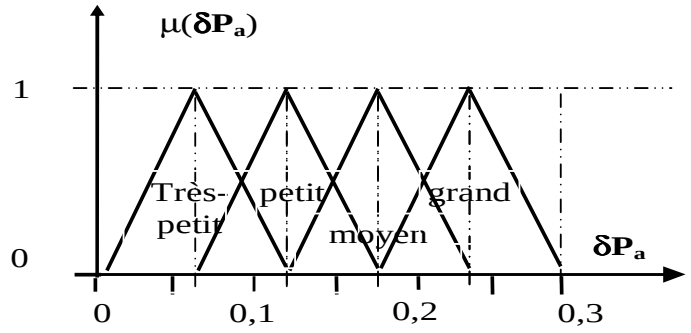


Figure 35: Défuzzification de la variable δP

❖ **La base d'inférence comprend les règles suivantes :**

1. SI car est très-agressif ET G_a est négatif ET t est favorable ALORS δP_a est petit
2. SI car est très-agressif ET G_a est positif ET t est favorable ALORS δP_a est très-petit
3. SI car est très-agressif ET G_a est très-positif ET t est favorable ALORS δP_a est très-petit
4. SI car est très-agressif ET G_a est négatif ET t est critique ALORS δP_a est petit
5. SI car est très-agressif ET G_a est positif ET t est critique ALORS δP_a est très-petit
6. SI car est très-agressif ET G_a est très-positif ET t est critique ALORS δP_a est très-petit
7. SI car est très-agressif ET G_a est négatif ET t est défavorable ALORS δP_a est très-petit
8. SI car est très-agressif ET G_a est positif ET t est défavorable ALORS δP_a est très-petit
9. SI car est très-agressif ET G_a est très-positif ET t est défavorable ALORS δP_a est très-petit
10. SI car est conciliateur ET G_a est négatif ET t est favorable ALORS δP_a est moyen
11. SI car est conciliateur ET G_a est positif ET t est favorable ALORS δP_a est petit

12. SI car est conciliateur ET G_a est très-positif ET t est favorable ALORS δP_a est très-petit

13. SI car est conciliateur ET G_a est négatif ET t est critique ALORS δP_a est petit

14. SI car est conciliateur ET G_a est positif ET t est critique ALORS δP_a est très-petit

15. SI car est conciliateur ET G_a est très-positif ET t est critique ALORS δP_a est très-petit

16. SI car est conciliateur ET G_a est négatif ET t est défavorable ALORS δP_a est très-petit

17. SI car est conciliateur ET G_a est positif ET t est défavorable ALORS δP_a est très-petit

18. SI car est conciliateur ET G_a est très-positif ET t est défavorable ALORS δP_a est très-petit

19. SI car est agressif ET G_a est négatif ET t est favorable ALORS δP_a est moyen

20. SI car est agressif ET G_a est positif ET t est favorable ALORS δP_a est petit

21. SI car est agressif ET G_a est très-positif ET t est favorable ALORS δP_a est très-petit

22. SI car est agressif ET G_a est négatif ET t est critique ALORS δP_a est petit

23. SI car est agressif ET G_a est positif ET t est critique ALORS δP_a est très-petit

24. SI car est agressif ET G_a est très-positif ET t est critique ALORS δP_a est très-petit

25. SI car est agressif ET G_a est négatif ET t est défavorable ALORS δP_a est très-petit

26. SI car est agressif ET G_a est positif ET t est défavorable ALORS δP_a est très-petit

27. SI car est agressif G_a est très-positif ET t est défavorable ALORS δP_a est très-petit

28. SI car est très-conciliateur G_a est négatif ET t est favorable ALORS δP_a est grand

29. SI car est très-conciliateur G_a est positif ET t est favorable ALORS δP_a est moyen

30. SI car est très-conciliateur G_a est très-positif ET t est favorable ALORS δP_a est très-petit

31. SI car est très-conciliateur G_a est négatif ET t est critique ALORS δP_a est moyen

32. SI car est très-conciliateur G_a est positif ET t est critique ALORS δP_a est petit

33. SI car est très-conciliateur G_a est très-positif ET t est critique ALORS δP_a est très-petit

34. SI car est très-conciliateur G_a est négatif ET t est défavorable ALORS δP_a est très-petit

35. SI car est très-conciliateur G_a est positif ET t est défavorable ALORS δP_a est très-petit

36. SI car est très-conciliateur G_a est très-positif ET t est défavorable ALORS δP_a est très-petit

5. Système flou de négociation basé sur la personnalité

L'imbrication de l'ensemble des modules de contrôle des caractères, la mise à jour des caractères, l'évaluation du caractère dominant, et la mise à jour de la proposition, ont permis de bâtir un système flou complexe de négociation basé sur la personnalité d'un agent (présenté dans la Figure 36 Figure 37) permettant la simulation d'un comportement de négociation. L'objectif ultime de ce système est de guider un processus de négociation gagnant basé essentiellement sur le comportement collaboratif et compétitif de l'agent intelligent.

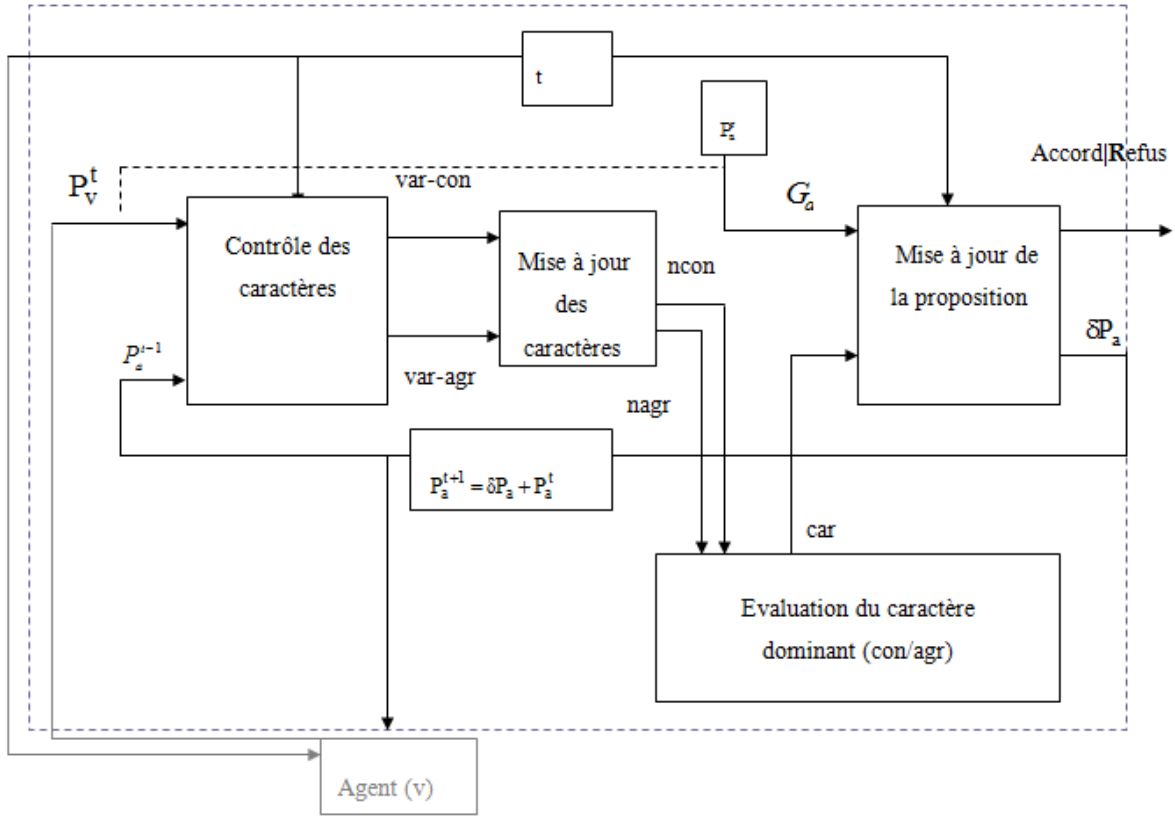


Figure 36: Système flou de négociation basé sur la personnalité

La Figure 36 décrit d'une manière synthétique les différents composants et variables du modèle basé sur la personnalité définis comme suit:

- Contrôle des caractères: système flou de contrôle de la variation des caractères conciliateur et agressif. Les variables de sortie de ce système sont var-con et var-agr.

- Mise à jour des caractères : système d'actualisation des caractères : il reçoit comme entrée les taux de variation des caractères conciliateur et agressif et fournit les nouveaux caractères ncon et nagr.

- Evaluation du caractère dominant : système flou d'estimation du comportement prépondérant de l'agent(a).

- Mise à jour de la proposition : système flou d'évaluation du taux de variation de la proposition.

- t : temps actuel de négociation
- P_v^t : proposition de l'agent (v) à l'instant t
- P_a^{t-1} : proposition de l'agent (a) à l'instant $t-1$
- $var\text{-}con$: taux de variation du caractère conciliateur
- $var\text{-}agr$: taux de variation du caractère agressif
- P_a^r : proposition limite réservé par l'agent (a)
- G_a : le gain de l'agent (a) en acceptant la proposition de l'agent (v),
- $ncon$: nouveau caractère conciliateur mis à jour de l'agent (a)
- $nagr$: nouveau caractère agressif mis à jour de l'agent (a)
- car : caractère conciliateur | agressif dominant
- δP_a : taux de variation de la valeur proposé par l'agent (a) à l'instant $t+1$ tel que :

$$P_a^{t+1} = P_a^{t-1} + \delta P_a * P_a^{t-1}$$

A chaque proposition de l'agent (v), l'agent (a) fournit une contre-proposition influencée par son caractère et ses objectifs souhaités.

La réponse de cet agent à l'instant $t+1$ suite à l'offre proposée par l'agent (v) à l'instant t est comme suit :

- refus si $t > T$ (temps limite de négociation est dépassé)
- acceptation si $P_v^t \leq P_a^{t+1}$
- P_a^{t+1} sinon

IV. Evaluation ET Validation de l'approche basée sur la personnalité Floue

Afin d'évaluer et de valider l'approche floue de négociation proposée, nous allons réaliser des expériences mettant en évidence des tests de performance du modèle en se basant sur les mesures de gain (en prix), du temps, et du taux de réussite du processus de négociation. Les expériences menées portent sur une confrontation entre deux modèles : le modèle flou basé sur la personnalité proposé et le modèle dépendant du temps [**53**], en modifiant à chaque fois un trait de caractère tel que agressif, neutre, ou conciliateur d'un des deux modèles décrits ci-dessous.

1. Environnement et Paramètres de négociation: La négociation du prix d'un bien entre un acheteur et un vendeur

Comme exemple d'illustration de l'approche floue proposée, une analyse expérimentale du comportement d'un agent acheteur basé sur la personnalité floue (tactiques floues de négociation) face à un vendeur (v) à comportement dépendant du temps (tactiques dépendantes du temps de négociation), dans une négociation bilatérale concernant le prix d'un objet, sera réalisée où:

- L'agent acheteur (a) est doté de:
- Une base de connaissances,
- Un ensemble de caractères,
- Un ensemble de tactiques croissantes (dépendantes du temps) de prise de décisions (génération d'offres),
- Une capacité d'adaptation à l'environnement grâce à la logique floue,

- L'agent vendeur est caractérisé par:

- Une base de connaissances,
- Un ensemble de caractères,
- Un ensemble de tactiques décroissantes (dépendantes de la personnalité floue) de prise de décisions (génération d'offres).

2. Mesures d'Evaluation

Le problème de la négociation est présenté sous la forme d'un jeu stratégique défini par le triplé $< A, P, U >$ où :

- A est l'ensemble de joueurs, $A = \{a, v\}$ (a : acheteur, v : vendeur)
- P est l'ensemble de stratégies des deux joueurs P :
- $P = \{\{P_v^{t_0}, P_v^{t_0+2}, P_v^{t_0+4}, .., P_v^{T_{mv}}\}, \{P_a^{t_0+1}, P_a^{t_0+3}, P_a^{t_0+5}, .., P_a^{T_{ma}}\}\}$
- $P_v^{t_0}$ la proposition du vendeur v à l'instant t_0
- $P_a^{t_0+1}$ la proposition de l'acheteur a à l'instant $t_0 + 1$
- $P_v^{T_{mv}}$ et $P_a^{T_{ma}}$ sont respectivement les dernières offres possibles de v et de a à T^{mv} et T^{ma} tel que $\max(T^{ma}, T^{mv}) <= \min(T_{\max}^{a} \text{ et } T_{\max}^{v})$; $T_{\max}^{a}$ et $T_{\max}^{v}$ sont respectivement les délais de négociation de l'acheteur a et du vendeur v .

Afin d'évaluer les tactiques de négociation proposées, les mesures d'évaluation sont :

- U : fonction d'évaluation de gain à chaque proposition donnée :
  - Evaluation du gain de l'acheteur suite à une proposition P:

    $$U_a = (\max_a - P)/(\max_a - \min_a)$$

  - Evaluation du gain du vendeur suite à une proposition P:

    $$U_v = (P - \min_v)/(\max_v - \min_v)$$

    P est la dernière proposition issue d'un des deux joueurs (a) ou (v); $P = \{P_v^t / P_a^t\}$.

– Pacc: Pourcentage d'Accords pour une expérimentation réussie (expérimentation aboutissant à un accord):

$$Pacc = \frac{nombre \quad total \quad des \ accords}{nombre \quad total \ des \quad cas \ de \quad negociatio \ ns}$$

– Ntr: le nombre de tours moyen pour atteindre un accord:

$$Ntr = \frac{somme \quad des \ nombres \quad de \quad tours \ pour \ atteindre \quad un \ accord}{nombre \quad total \quad des \ accords}$$

3. Protocole Expérimental

Afin d'évaluer les différentes tactiques proposées, en termes de gain d'utilité, du temps et du taux d'accords, dans les diverses situations (divers comportements), nous allons réaliser un ensemble d'expérimentations de négociation entre des acheteurs (se comportant selon l'approche floue) et des vendeurs (se comportant selon l'approche dépendante du temps), en suivant le protocole expérimental suivant.

Le but de chaque expérimentation, est de confronter des acheteurs et des vendeurs dotés d'approches différentes et de caractères (tempéraments) différents et de déterminer les utilités moyennes résultantes, le pourcentage d'accord, et le taux de réussite des cas de négociation.

❖ **Les tactiques de négociation:**

Deux classes de tactiques sont confrontées :

1) La classe de tactiques floues basée sur la personnalité définie par:

– $T_{\max}^{a}$: temps maximal de négociation pour l'acheteur.

– $\min_a$: La valeur minimale limite réservée (du prix) que peut atteindre l'acheteur.

– $\max_a$: La valeur maximale désirée (du prix) proposée par l'acheteur. $\max_a = \min_a + \theta^a$

– θ^a : L'intervalle de négociation pour l'agent acheteur, $\theta^a = \max_a - \min_a$

– ∂ : Le degré d'intersection entre l'intervalle de négociation du vendeur et celui de l'acheteur, $\partial \in [0 \ \ 0.99]$; $\partial \approx 0$ désigne un chevauchement total; $\partial \approx 0.99$ désigne un non-chevauchement entre les deux intervalles.

– con : la valeur du caractère conciliateur interne de l'acheteur, $con \in [0 \ \ 10]$.

– agr : la valeur du caractère agressif interne de l'acheteur, $agr \in [0 \ \ 10]$.

2) La classe de tactiques dépendantes du temps définie par:

$$P_v^t = \min_v + (1 - \alpha(t)).(\max_v - \min_v)$$

où $\alpha(t)$ est une fonction dépendante du temps qui détermine la vitesse de concession d'une offre: $\alpha(t) = \left(\frac{t}{T_{\max}^v}\right)^{\frac{1}{\beta}}$

- $T_{\max}^v$: temps maximal de négociation pour le vendeur

- $\min_v$: La valeur minimale limite du prix (réservée) que peut atteindre le vendeur, $\min_v = \min_a + \theta^a.\partial$

- $\max_v$: La valeur maximale du prix (désirée) proposée par le vendeur, $\max_v = \min_v + \theta^v$

- θ^v : L'intervalle de négociation pour l'agent vendeur, $\theta^v = \max_v - \min_v$

- ∂ : Le degré d'intersection entre l'intervalle de négociation du vendeur et celui de l'acheteur, $\partial \in [0 \ \ 0.99]$; $\partial \approx 0$ désigne un chevauchement total ; $\partial \approx 0.99$ désigne un non-chevauchement.

- β : Le degré d'agressivité ou de concession de l'agent. Si $\beta < 1$ alors l'agent est agressif sinon si $\beta > 1$ alors il est conciliateur [**54**] [**55**].

- Le Tableau 2**Erreur ! Source du renvoi introuvable.** présente les tactiques dépendantes de la variation de con et agr (pour l'acheteur A) et de β (pour le vendeur V).

Classes	**Noms**	**Intervalles**
Dep. temps	Conciliateur (VC)	$\beta \in [0.1 \quad 0.2]$
Dep. temps	Neutre (VN)	$\beta = 1.0$
Dep. temps	Agressif (VA)	$\beta \in [20.0 \quad 40.0]$
personnalité floue	Conciliateur (AC)	$con \in [0.0 \quad 4.0]$ $agr \in [6.0 \quad 1.0]$
personnalité floue	Neutre (AN)	$con = agr = 5.0$
personnalité floue	Agressif (AA)	$con \in [6.0 \quad 1.0]$ $agr \in [0.0 \quad 4.0]$

Tableau 2: Les tactiques de négociation

❖ **Protocole de négociation :**

– La prise de décisions s'effectue en une séquence de négociation bilatérale automatisée en tours.

– Chaque tour est composé d'une proposition et d'une contre-proposition.

– La contre-proposition d'un agent (a) à l'instant $t+1$ suite à l'offre proposée par l'agent (v) à l'instant t est :

- Refus si $t > T^{a}_{\max}$
- Accord si $P^{t}_{v} \leq P^{t+1}_{a}$
- Sinon $P^{t+1}_{\cdot}$

– La contre proposition d'un agent (v) à l'instant $t+1$ suite à l'offre proposée par l'agent (a) à l'instant t est :

- Refus si $t > T^{v}_{\max}$
- Accord si $P^{t}_{a} \geq P^{t+1}_{v}$
- Sinon P^{t+1}_{v}

❖ **Expériences**

Afin d'expérimenter toutes les combinaisons possibles des tactiques de négociation nous avons réalisé trois cas contenant chacune neuf expériences définies comme suit:

Les trois (03) cas de négociation sont:

1. cas1: $T^{a}_{\max} > T^{v}_{\max} \Rightarrow T_{\max} = T^{v}_{\max}$,
2. cas2: $T^{a}_{\max} = T^{v}_{\max} \Rightarrow T_{\max} = T^{v}_{\max} = T^{a}_{\max}$,
3. cas3: $T^{a}_{\max} < T^{v}_{\max} \Rightarrow T_{\max} = T^{a}_{\max}$.

Les neuf (09) expériences dans chaque cas de négociation sont:

- 1ère expérience : Acheteurs Agressifs (AA) / Vendeurs Agressifs (VA),
- 2ème expérience: Acheteurs Agressifs (AA) / Vendeurs Neutres (VN),
- 3ème expérience: Acheteurs neutres (AN) / Vendeurs Agressifs (VA),

- 4ème expérience: Acheteurs neutres (AN) / Vendeurs Neutres (VN),
- 5ème expérience: Acheteurs agressifs (AA) / Vendeurs Conciliateurs (VC),
- 6ème expérience: Acheteurs conciliateurs (AC) / Vendeurs Agressifs (VA),
- 7ème expérience: Acheteurs conciliateurs (AC) / Vendeurs Conciliateurs (VC),
- 8ème expérience: Acheteurs conciliateurs (AC) / Vendeurs Neutres (VN),
- 9ème expérience: Acheteurs neutres (AN) / Vendeurs Conciliateurs (VC).

❖ **Choix des paramètres de négociation**

- Le choix du candidat qui débute la négociation est aléatoire.
- $\{T^{v}_{\max}, T^{a}_{\max}\} \in [20\ 100]$
- $\min_a = 10$
- $\theta^a \in [10\ 90]$
- $\theta^v \in [10, 90]$
- $\partial = 0$
- $T_{\max}$ (délai de la négociation) = min ($T^{v}_{\max}, T^{a}_{\max}$) : la valeur minimale entre $T^{v}_{\max}$ et $T^{a}_{\max}$

1. Expérimentation des négociations réussies et échouées

Dans les trois cas (Cas1, Cas2, et Cas3) en tenant compte des négociations réussies et échouées, une étude comparative a été menée entre l'approche floue basée sur la personnalité et l'approche dépendante du temps, portant sur la moyenne des utilités moyennes des négociateurs de tactiques différentes dans le but de déterminer la plus favorable.

1) **Cas1 :** $T^{a}_{\max} > T^{v}_{\max}$

Dans ce premier cas, nous remarquons d'après la Figure 37, la grande variation des moyennes des utilités des joueurs de tactiques de négociation différentes (décrites dans le Tableau 5 de l'annexe 5). Nous remarquons aussi, la prédominance des utilités moyennes des acheteurs (a) avec l'approche floue basée sur la personnalité par rapport à celles des vendeurs (v) avec l'approche dépendante du temps sauf pour les 3 cas suivants:

- Acheteur agressif / (contre) Vendeur agressif (AA/VA),
- Acheteur neutre / (contre) Vendeur agressif (AN/VA),
- Acheteur conciliateur / (contre) Vendeur agressif (AC/VA).

Ces résultats montrent que la tactique agressive de la stratégie dépendante du temps est la tactique la plus avantageuse en terme d'utlilité moyenne que les autres tactiques de négociation.

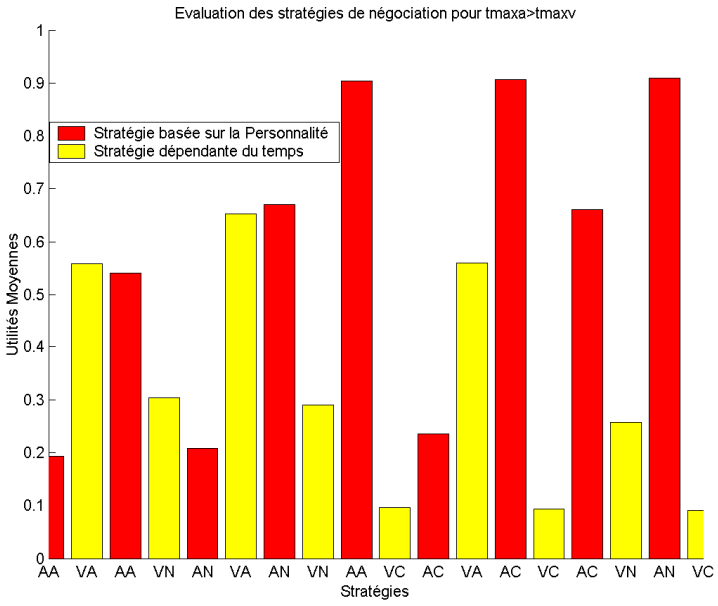


Figure 37: Utilités moyennes des joueurs en négociation pour $T^{a}_{\max} > T^{v}_{\max}$

2) Cas2: $T^{a}_{\max} = T^{v}_{\max}$

En égalisant les délais de négociation des deux stratégies, nous observons d'après la Figure 67 (Annexe 5) l'augmentation des utilités moyennes des joueurs de stratégie basée sur la personnalité (en les comparants à celles du cas précédent).

Nous observons de même que les utilités moyennes des acheteurs de stratégie floue basée sur la personnalité ne sont inférieures à celles des vendeurs que dans les expériences suivantes :

- Acheteur agressif / (contre) Vendeur agressif (AA/VA)
- Acheteur neutre / (contre)Vendeur agressif (AN / VA)
- Acheteur conciliateur/ (contre) Vendeur agressif (AC / VA)

Idem comme le cas précédent ($T^{a}_{\max} > T^{v}_{\max}$), la tactique agressive de la stratégie dépendante du temps est la tactique la plus bénéfique en terme d'utilités moyennes.

3) Cas3: $T^{a}_{\max} < T^{v}_{\max}$

D'après la Figure 68 (Annexe 5) nous remarquons qu'un délai limite de négociation des acheteurs de stratégie floue basée sur la personnalité entraine une baisse globale des utilités moyennes des différentes tactiques, surtout dans les cas où les vendeurs (v) sont agressifs.

Ce résultat dénote qu'un temps insuffisant de négociation d'un acheteur (a) entraine une baisse globale des chances d'accords avec son adversaire (un désaccord = des utilités nulles pour les deux parties) quelque soient les tactiques suivies.

2. Expérimentation des négociations réussies

Dans les trois cas (Cas1, Cas2, et Cas3) en tenant compte uniquement des négociations réussies, nous avons expérimenté les mesures des utilités moyennes des joueurs, des pourcentages des accords, et des nombres moyens de tours pour arriver à un accord.

Le but de cette expérimentation est de mettre en relief les gains en termes de prix et du temps qu'on peut atteindre dans les diverses expériences ainsi que le taux de réussite.

Le but est de mettre en relief les gains des ressources financières et du temps qu'on peut atteindre dans les diverses expériences ainsi que la garantie de réussite indépendamment des tactiques de négociations.

1) **Cas1:** $T^{a}_{\max} > T^{v}_{\max}$

❖ **Utilités moyennes des négociateurs**

D'après la Figure 38, nous remarquons la prédominance des utilités moyennes de a par rapport à celles de v, sauf dans les expériences d' :

- Acheteur agressif / (contre) Vendeur agressif (AA/VA)
- Acheteur neutre / (contre)Vendeur agressif (AN / VA)
- Acheteur conciliateur/ (contre) Vendeur agressif (AC / VA)

Cette observation montre que la stratégie floue basée sur la personnalité garantit un gain supérieur par rapport à la stratégie dépendante du temps sauf si cette dernière est de tactique agressive.

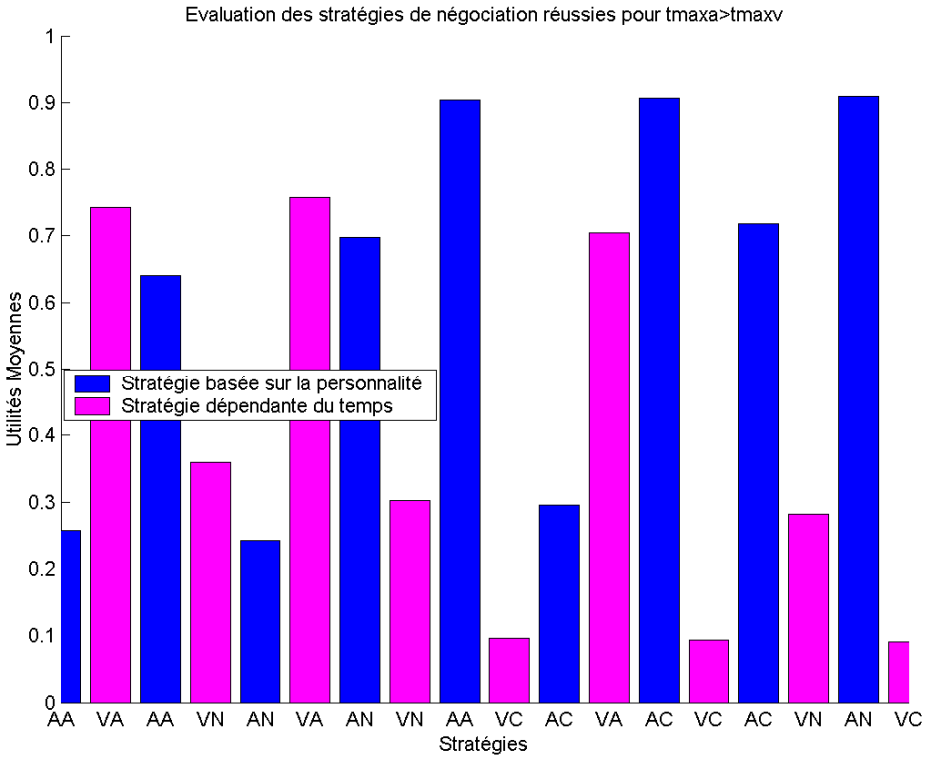


Figure 38: Utilités moyennes des joueurs en négociation réussies pour $T^{a}_{\max} > T^{v}_{\max}$

❖ **Pourcentage d'accords:**

Le pourcentage d'accord reflète la garantie d'une négociation réussie selon les différentes tactiques de négociation poursuivies. Ainsi, d'après la Figure 39 nous observons que le pourcentage d'accord est maximal dans les cas où les vendeurs sont conciliateurs.

C'est-à-dire que le tempérament conciliateur des vendeurs (V) contribue à augmenter les taux de réussite des négociations indépendamment des tempéraments des acheteurs (A).

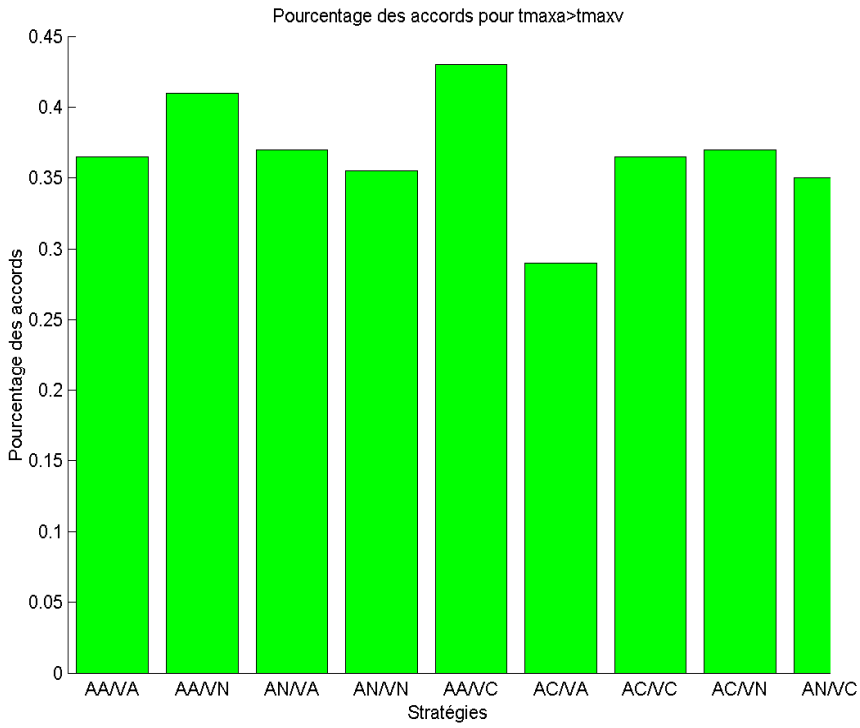


Figure 39: Pourcentage des accords pour $T^{a}_{\max} > T^{v}_{\max}$

❖ **Nombre moyen de tours pour arriver à un accord**

Cette mesure, exprimée en pourcentages, permet de déterminer la part du temps mise dans la négociation pour arriver à un accord. La Figure 40 montre une baisse considérable du nombre de tours pour arriver à un accord dans les cas où les vendeurs sont conciliateurs.

Ce résultat explique que le tempérament conciliateur des vendeurs aide non seulement à augmenter le taux d'accords des cas de négociation mais aussi à diminuer le temps de négociation, c.à.d. que ces derniers (les vendeurs) concèdent très rapidement vers un compromis avec leurs adversaires.

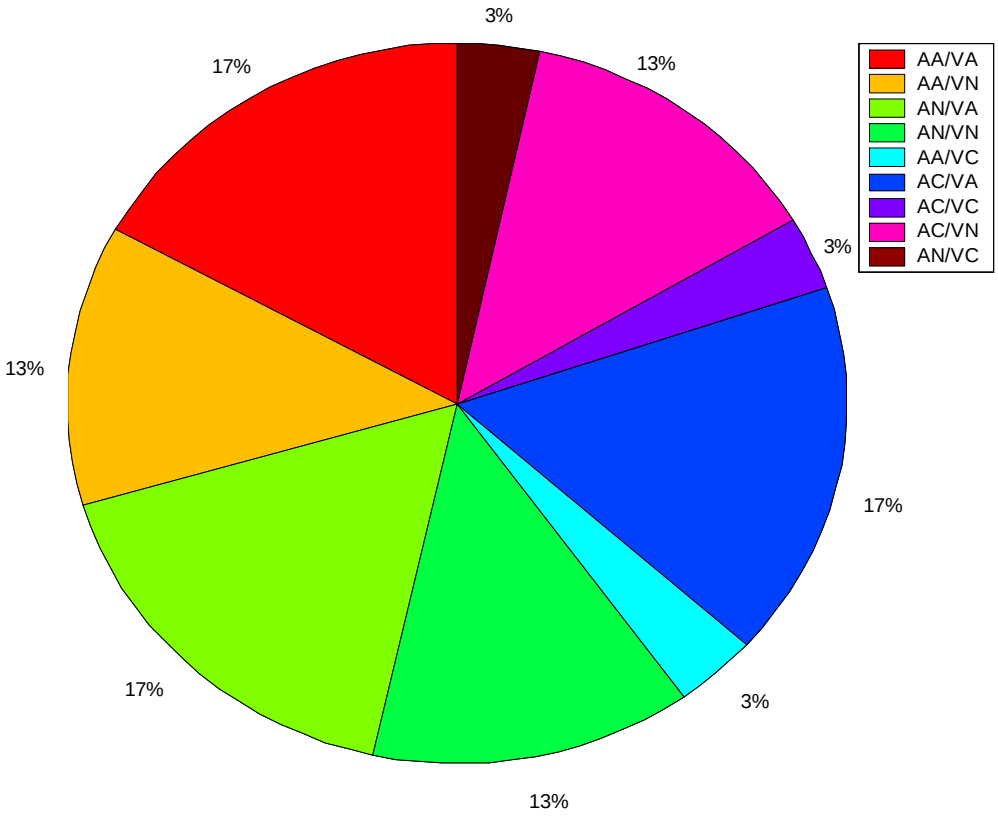


Figure 40: Nombre moyen de tours pour arriver à un accord pour $T^{a}_{\max} > T^{v}_{\max}$

2) Cas2: $T^{a}_{\max} = T^{v}_{\max}$

❖ **Les utilités moyennes des joueurs**

En égalisant les délais de négociation des négociateurs nous remarquons d'après la Figure 69 (Annexe 5) que les utilités moyennes des approches floues basées sur la personnalité sont globalement supérieures à celles des stratégies dépendantes du temps, sauf dans les cas où les joueurs de stratégies dépendantes du temps sont agressifs.

Ce résultat montre que la vitesse de concession des joueurs agressifs de stratégie dépendante du temps vers la zone d'accord est moins importante que celle des joueurs de stratégie floue basée sur la personnalité. Ce qui entraine soit un désaccord final (utilités des joueurs nulles) soit un

gain plus important des stratégies dépendantes du temps par rapport à celle basée sur la personnalité.

❖ **Le pourcentage d'accords:**

D'après la Figure 70 (Annexe 5), nous observons un pourcentage d'accord élevé dans les expériences où l'une des deux tactiques est conciliatrice.

Cette observation indique que le tempérament conciliateur d'un joueur favorise la concession vers la zone d'accord et l'acquisition d'un accord final avec son adversaire.

❖ **Nombre moyen de tours pour arriver à un accord:**

La Figure 71 (Annexe 5) montre qu'un tempérament conciliateur de négociation d'au moins une deux négociateurs entraine un temps réduit de négociation.

Ce résultat met en relief l'influence du tempérament conciliateur sur la vitesse de concession du joueur vers la zone d'accord avec son adversaire ; ce qui mène à temps réduit de négociation.

3) Cas3: $T_{\max}^{a} < T_{\max}^{v}$

❖ **Les utilités moyennes des joueurs**

En diminuant les délais de négociation de l'approche floue basée sur la personnalité, nous remarquons d'après la Figure 72 (Annexe 5) une baisse générale des utilités moyennes de cette approche, surtout dans les cas où les tactiques dépendantes du temps sont agressives.

Ce résultat montre qu'un temps réduit de négociation d'un agent de stratégie floue basée sur la personnalité entraine un échec à atteindre la zone d'accord avec son adversaire de stratégie dépendante du temps (utilités nulles pour les deux joueurs) surtout dont le cas où cet agent est de tactique agressive.

❖ **Pourcentage d'accords**

La Figure 73 (Annexe 5) montre une baisse globale des taux des accords surtout dans les expériences où l'une des tactiques est agressive.

Ce résultat est illustré par l'influence défavorable d'un délai réduit de négociation, d'un agent de stratégie floue basée sur la personnalité, sur l'acquisition d'un accord final avec son adversaire, de stratégie dépendante du temps, surtout dans les cas où l'un des deux joueurs est de tactique agressive.

- **Remarque**

Le pourcentage d'accords augmente lorsque l'un des membres de négociation (acheteur/ vendeur) est conciliateur et il décroit lorsque au moins l'un d'eux est agressif.

En d'autres termes, le tempérament des joueurs influence l'aboutissement à un accord final entre les deux joueurs:

- Si au moins, l'un des deux joueurs est conciliateur alors le pourcentage d'accord est élevé.
- Sinon si au moins, l'un d'eux est agressif alors le pourcentage d'accord est petit.

❖ **Nombre moyen de tours pour arriver à un accord**

La Figure 74 (Annexe 5) montre que le nombre moyen de tours est généralement réduit si l'une des tactiques est conciliatrice. C'est à dire que la vitesse de concession vers la zone d'accord d'un agent négociateur conciliateur est rapide.

- **Remarque :**

On remarque que plus les membres négociateurs sont agressifs plus le nombre moyen de rounds pour atteindre un accord est grand, et plus les membres négociateurs sont conciliateurs plus ce nombre (de rounds) est petit.

Ce résultat est interprété par l'influence du caractère (agressif ou conciliateur) d'un agent négociateur sur sa vitesse de concession vers la zone d'accord :

- Si l'agent est agressif alors sa vitesse de concession est lente et par conséquent le nombre de tours pour arriver à un accord est grand

- Si l’agent est conciliateur alors sa vitesse de concession est rapide et par conséquent le nombre de tours pour arriver à un accord est petit.

3. Observations, interprétations, et analyse critique des expérimentations

La série d’expériences réalisées, portant sur la simulation d’un processus de négociation bilatérale automatisée entre un acheteur de stratégie floue basée sur la personnalité et d’un vendeur de stratégie dépendante du temps, nous a permis de discerner deux formes d’expérimentations :

- L’expérimentation des négociations réussies et échouées:

Cette expérimentation englobe toutes les expériences qui ont abouti ou pas à un accord final entre les deux négociateurs. Cette première forme d’expérimentation a permis de favoriser la mesure des utilités moyennes de l’approche floue basée sur la personnalité par rapport à celles de l’approche dépendante du temps sauf dans les expériences où l’approche dépendante du temps est de tactique agressive.

Elle a montré une supériorité des utilités moyennes des acheteurs d’approche floue basée sur la personnalité par rapport à celles des vendeurs d’approche basée sur le temps sauf dans les cas où les vendeurs sont de caractères agressifs.

- L’expérimentation des négociations réussies :

Cette deuxième forme d’expérimentation a permis d’évaluer les mesures de performance du processus de négociation bilatérale suivantes :

- Supériorité des utilités moyennes de l’approche floue basée sur la personnalité par rapport à l’approche dépendante du temps sauf dans les expériences où l’approche dépendante du temps est de tactique agressive.
- Réduction du pourcentage d’accord dans les expériences où l’une des approches est agressive ou neutre, par contre une augmentation des valeurs de cette mesure dans les expériences où l’une des dites approches est de tactique conciliatrice.

- Diminution du nombre de tours pour atteindre un accord dans les expériences où au moins l'une des deux approches est conciliatrice et augmentation de ce nombre dans les expériences où l'une des dites approches est agressive ou neutre.

Les résultats, issus des deux expérimentations, nous mènent à conclure que les traits de caractère agressif et neutre bien qu'ils favorisent une utilité moyenne importante, présentent le risque de rupture d'accord entre les négociateurs, par conséquent impliquent une perte du temps de négociation.

Autrement dit, le trait de caractère conciliateur bien qu'il n'entraîne pas une utilité moyenne importante, favorise d'une part un bon terrain d'entente et d'accord entre les négociateurs, et d'autre part un gain satisfaisant du temps de négociation (en terme du nombre tours pour arriver à un accord).

V. Conclusion

Ce chapitre présente une approche floue basée sur la personnalité d'un agent pour la simulation d'un comportement de négociation (bilatérale automatisée).

L'étude expérimentale a montré une efficacité restreinte de l'approche proposée dans la réalisation des accords souhaités avec un adversaire de stratégie dépendante du temps et par conséquent implique une perte de temps de négociation. Cette défaillance est très plausible dans les expériences où au moins l'une des deux tactiques confrontée est agressive ou neutre.

Mais cette approche a prouvé une réussite globale dans la réalisation des gains des ressources financières, au sens des utilités moyennes, surtout dans les expériences de négociation réussies où l'une des tactiques confrontée est conciliatrice.

Dans le chapitre suivant, nous allons combiner l'approche rationnelle et l'approche floue basée sur la personnalité dans l'espoir d'aboutir à un accord final avec l'adversaire (indépendamment de sa stratégie) tout en maximisant le gain souhaité.

L'objectif de la combinaison est de tirer profit des avantages des deux approches pour améliorer la performance de l'approche résultante en termes d'utilité moyenne, de temps de négociation, et du taux de réussite des cas de négociation.

Chapitre 5: L'approche combinée basée sur la rationalité et la personnalité de l'agent négociateur

I. Introduction:

Dans les deux chapitres précédents nous avons présenté deux stratégies de négociation bilatérale automatisée:

- **La stratégie rationnelle**: elle est basée sur la théorie des jeux qui tient en compte, dans chaque prise de décision, les intérêts de l'adversaire. Cette stratégie incite à créer un terrain d'entente favorable entre les deux rivaux en projetant des interactions futures réussies menant à des gains réciproques « gagnant-gagnant» [**56**] acceptables par les deux parties. L'étude expérimentale de cette stratégie a montré une réussite totale dans tous les cas de négociation avec l'adversaire (indépendamment du comportement de ce dernier) dans un temps limite de négociation, mais en contre partie cette stratégie ne garantit pas un gain optimal pour le joueur rationnel.

- **La stratégie basée sur la personnalité**: elle est basée sur le tempérament au sens du caractère d'un joueur influencé par son désir à réaliser ses objectifs [**57**], indépendamment des objectifs de son adversaire. L'étude expérimentale de cette stratégie a montré une réussite dans la réalisation d'un gain optimal lors d'un processus de négociation mais elle a montré un taux élevé d'échecs des cas de négociations (surtout dans les cas où les joueurs sont agressifs) et un temps assez élevé pour arriver à un compromis avec l'adversaire.

Ce chapitre combine les compétences des stratégies basées sur la personnalité et la rationalité afin d'optimiser les critères de performance d'un comportement de négociation automatisée d'un agent **Perso-Rationnel** (doté des traits de personnalité et de rationalité).

La suite de ce chapitre est organisée comme suit : dans la section 5.2 nous allons présenter la Modélisation de l'agent **Perso-Rationnel**, dans la section 5.3 nous allons Valider et évaluer le modèle proposé, et enfin en section 5.4 Conclusion.

II. Modélisation de l'agent Perso-Rationnel

Un agent **Perso-Rationnel**, présenté dans la Figure 41, forme une classe d'architecture composée de 4 sous-systèmes hiérarchisés en couches, de comportements différents, en interaction dynamique, ayant respectivement l'objectif de:

- Communiquer avec l'extérieur et représenter l'information à l'intérieur du système
- Étudier la capacité sociale (de coopération, de compétitivité, de neutralité, et de négociation) de l'agent suite à une offre d'un adversaire et fournir une contre-offre correspondante
- Étudier la rationalité de l'agent dans sa prise de décision, permettant de contrôler ses comportements en lui apportant des solutions aux problèmes de compétitivité et de divergence
- Étudier la prise de décision finale de l'agent en combinant les réponses issues des autres sous systèmes.

L'objectif de l'ensemble des composants du système est d'avoir un comportement global stable capable d'apprendre des comportements de négociation, de coopération, de compétition, ou de neutralité, lui permettant de s'adapter intelligemment aux éventuels changements de l'environnement et visant à assurer une réussite dans les différents cas de négociation, afin de satisfaire le(s) but(s) projeté(s).

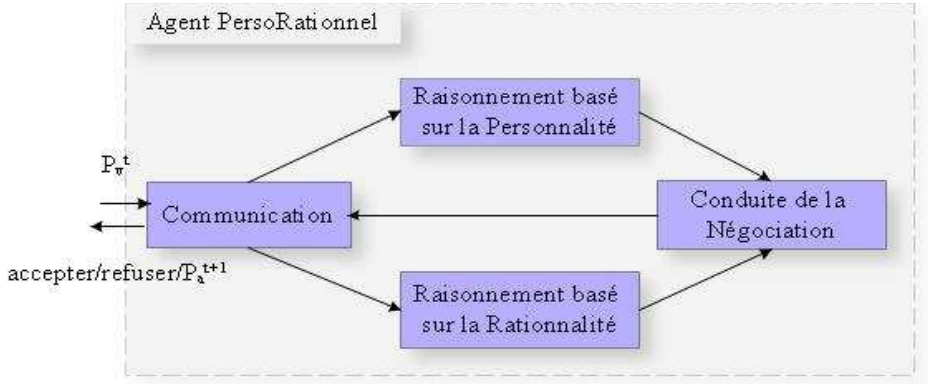


Figure 41: Les raisonnements de l'agent Perso-Rationnel

1. Le raisonnement flou basé sur la personnalité

Ce raisonnement, basé sur la logique floue, a pour rôle le contrôle de l'évolution de l'état affectif interne de l'agent suite aux informations issues de l'adversaire et de produire une contre-proposition appropriée répondant à ces objectifs de conception (tels que maximiser le gain et réduire le temps de la négociation). La Figure 42 montre le flot des données dans le sous-système basé sur la personnalité qui à partir de la proposition de l'adversaire (P_v^t) la dernière proposition de l'agent **Perso-Rationnel** (P_v^t), fournit une contre-proposition (P_a^{t+1})/ un accord final/ ou un refus de l'offre proposée.

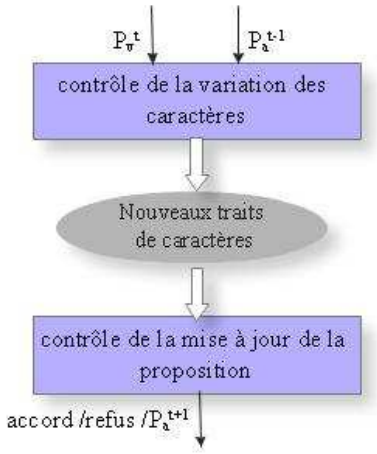


Figure 42: Le raisonnement basé sur la personnalité

- P_a^{t-1} et P_v^t : sont respectivement les propositions de l'agent (v) et (a) à l'instant $t-1$ et t

- P_a^{t+1} : est la réponse du raisonnement basé sur la personnalité de l'agent (a) à l'instant $t+1$.

Le système du raisonnement basé sur la personnalité est composé de deux sous-systèmes flous en interaction dynamique :

1) **Le sous-système de contrôle de la variation des caractères :**

Il modélise la variation des traits de caractères d'un agent négociateur autant que conciliateur, ou agressif suite aux données d'entrées, et du temps actuel de négociation (t).

Il fournit, comme sortie, le nouveau trait de caractère de l'agent négociateur.

2) Le sous-système de contrôle de la variation de la proposition :

A partir d'un trait de caractère, d'un gain objectif à réaliser, et du temps actuel de la négociation, ce sous-système fournit l'une des sorties suivantes :

- P_a^{t+1} : La contre-proposée à $t+1$,
- L'accord de la dernière offre de l'adversaire si elle répond à ses objectifs.
- Le refus si le temps maximal de la négociation a été dépassé.

La contre-proposition du système du raisonnement basé sur la personnalité est subjective dans la mesure où elle répond aux buts égocentriques de l'agent sans tenir compte de ceux l'adversaire.

2. Le raisonnement rationnel

Le raisonnement rationnel est fondé sur l'esprit collaboratif dans la réalisation des objectifs, à fin d'aboutir à un accord satisfaisant les agents négociateurs.

Cette méthode du raisonnement décompose le problème complexe de négociation (le jeu de négociation) en plusieurs sous-problèmes séquentiels plus simples (les sous-jeux), de manière à ce que la solution de chaque sous-problème soit efficace pour répondre aux finalités souhaitées.

Comme illustré dans la Figure 43, la négociation bilatérale automatisée est représentée par un jeu

stratégique séquentiel entre deux parties : l'agent (a) et l'agent (v). La totalité du jeu est subdivisée en un ensemble consécutif de sous-jeux indépendants. L'objectif de cette représentation est de chercher à l'intérieur de chaque sous jeux l'ensemble de solution, dites solutions d'équilibres, acceptables par les deux parties.
A l'intérieur de chaque sous-jeu, si le temps maximal de la négociation n'est pas encore franchit, l'agent (v/a) (en cas de refus de la proposition de l'agent (a/v)) fournit comme contre-proposition une valeur d'équilibre de ce sous-jeu estimée acceptable par les deux agents afin de garantir un accord mutuel.

Le point d'équilibre est calculé à partir de l'optimisation de l'équation Nash de l'équilibre parfait des sous-jeux de négociation sous contrainte les préférences du négociateur rationnel (la démonstration a été réalisée dans le chapitre 3).
La proposition du négociateur rationnel (à l'intérieur du sous-jeu), si le temps maximal de négociation Tmaxa n'est pas atteint, est la solution du système :

$$\max_{P^*}\left[\left(P^* - P_v^t\right)^2\right]$$

$$S.C\begin{Bmatrix} P_a^r - P^* \geq 0 \\ P_v^t - P_a^{t+1} \geq 0 \\ 2 * P_a^r - P_a^{t+1} - P_v^t \geq 0 \end{Bmatrix}_2$$

[2] P_a^r est la proposition reservée de l'agent (a)

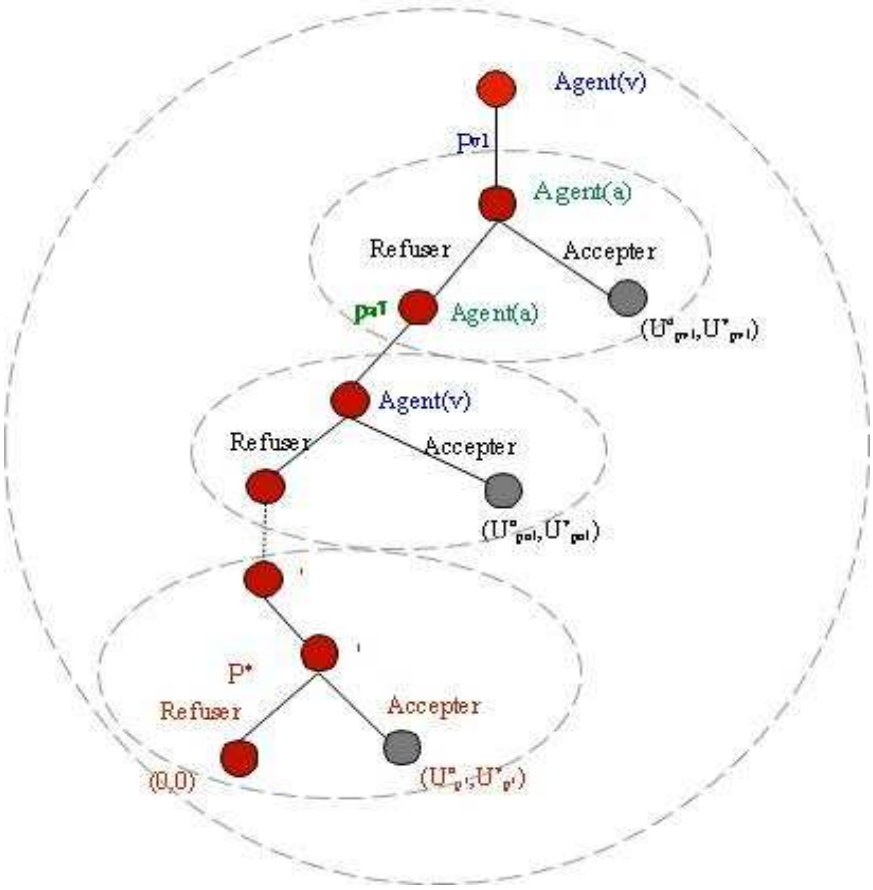


Figure 43: Jeu de négociation séquentiel entre deux agents

Supposant qu'à l'instant t l'agent(v) fournit la proposition P_v^t, si cette proposition ne satisfait pas les objectifs de l'agent(a) (dit rationnel), alors ce dernier fournit une nouvelle proposition d'équilibre P_a^{t+1} tenant en compte les préférences des deux joueurs.

3. La conduite de la négociation

Le module conduite de la négociation gère l'ensemble potentiel des offres acceptables par l'adversaire issues du raisonnement basé sur la personnalité et du raisonnement rationnel, et élabore la prise de décision finale du système.

Soit P la contre-proposition générée par le système Perso-Rationnel :

$$P_a = \delta P_a^R + (1-\delta)^{\beta} P_a^P$$

- P_a : la proposition du système Perso-Rationnel

- P_a^P : la proposition du sous-système basé sur la personnalité

- P_a^R : la proposition du sous-système rationnel

- δ : le degré de rationalité de l'agent

- β : le degré d'influence des traits de caractères sur la proposition final à soumettre (degré de collaboration).

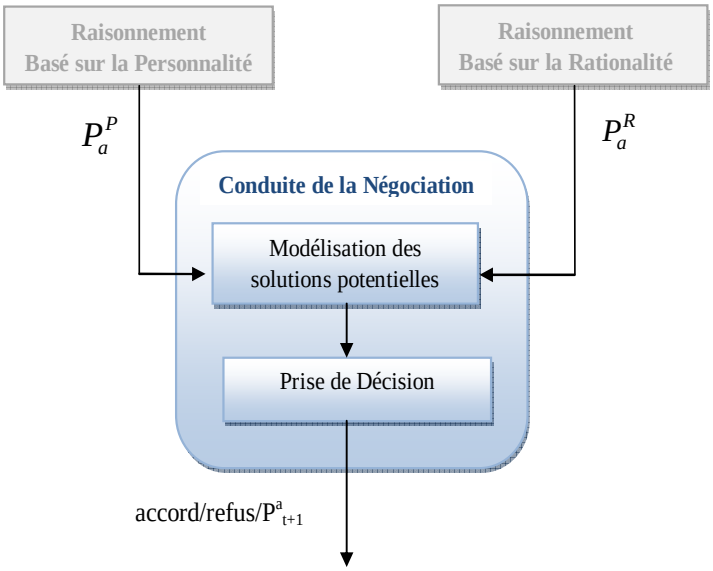


Figure 44: Le processus de la conduite de négociation

La Figure 44 présente le processus de la conduite de négociation qui fournit l'une des réponses de sorties possibles tels que accord/ refus/ ou P_a^{t+1}, selon les valeurs d'entrées P_a^P et P_a^R en provenance respective du raisonnement basé sur la personnalité et du raisonnement basée sur la rationalité de l'agent Perso-Rationnel.

L'objectif de ce processus est de garantir un compromis final dans un temps de négociation contrôlé entre deux négociateurs initialement en conflit.

Le processus est décrit par les phases suivantes:

- Modélisation des solutions potentielles : Analyse et évaluation des issues des deux sous-systèmes de personnalité et de rationalité

- Prise de décision : contre-proposition de l'agent (a)

Comme illustré par la Figure 45, la phase de modélisation des solutions potentielles est composée de deux étapes:

- Evaluation de l'influence de la personnalité au sens de tempérament: évalue l'impact des traits de caractères sur la prise de décision. Cette étape fournit le degré d'influence β du trait de caractère dominant de l'agent sur sa prise de décision finale.

- Evaluation de l'influence de la rationalité: évalue l'impact de la rationalité de l'agent sur sa prise de décision. Cette étape fournit le degré de rationalité δ de l'agent dans sa prise de décision en fonction de son caractère et des objectifs à réaliser.

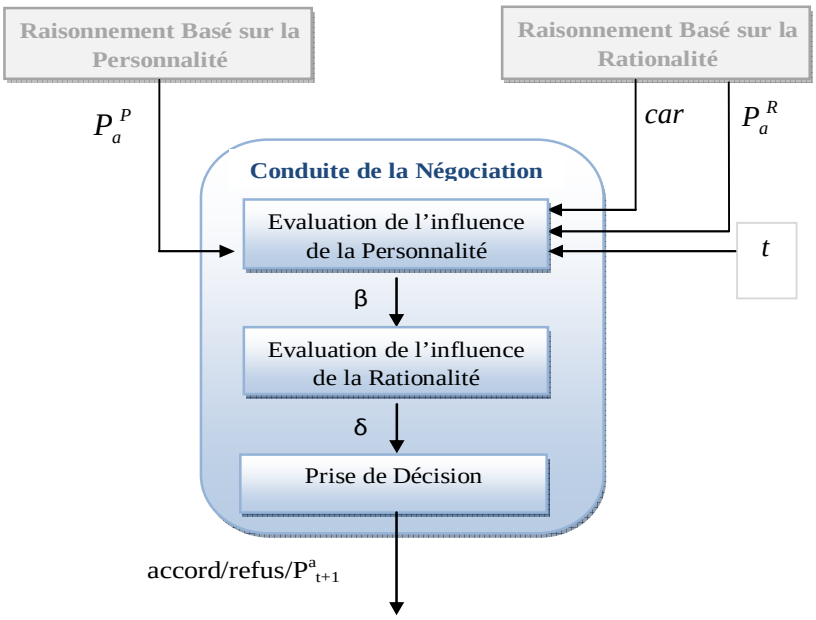


Figure 45: Les processus de la conduite de négociation

Motivés par le critère approximatif de l'évaluation des degrés d'influence de la personnalité et de la rationalité de l'agent négociateur, nous avons choisi de modéliser ces deux étapes d'évaluation des systèmes flous de type Mamdani.

4. Evaluation de l'influence de la personnalité

Le degré d'influence β désigne l'impact de la personnalité de l'agent négociateur sur la prise décision. Elle dépend d'une part de la tendance de l'agent à collaborer ou concurrencer avec son rival et d'autre part du temps actuel de négociation.

❖ **Modélisation floue du système d'évaluation floue de la personnalité :**

Le mécanisme d'inférence floue (présenté par la Figure 46) fournit la valeur numérique de β à partir des phases de fuzzification et d'inférence des variables car et t.

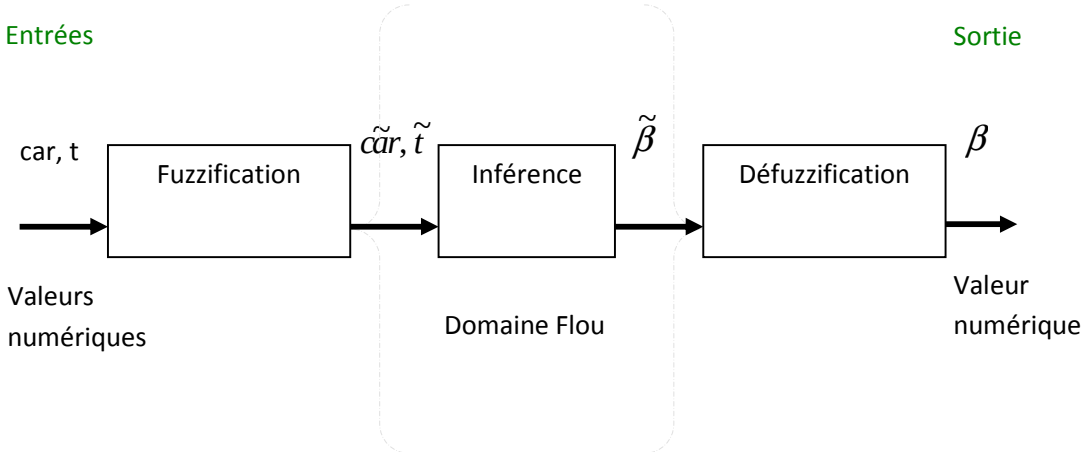


Figure 46: Modélisation floue de l'évaluation de l'influence de la personnalité

Les varibles floue de la Figure 46 ($\tilde{car}, \tilde{t}$, et $\tilde{\beta}$) sont dérivées de :

- car : le caractère dominant de l'agent en tant que conciliateur ou agressif
- t : le temps courant de la négociation,
- β : le facteur d'influence du trait de caractère sur la prise de décision finale.

➢ **Modélisation floue de la variable car**

L'univers de discours de la variable *car* est représenté par quatre classes floues {très-agressif, agressif, conciliateur, très-conciliateur} présenté dans la Figure 47.

Les fonctions d'appartenance des classes floues sont définies comme suit:

- $\mu_{tagr}(car)$ fonction d'appartenance de la variable *car* à la classe très-agressif

$$\mu_{tagr}(car) = \begin{cases} 1 & \text{si car} = 2 \text{ (car est totalement très_agressif)} \\ 0 & \text{si car} \geq 4 \text{ (car est non très_agressif)} \\ ]0\ 1[& \text{si car} \in]0\ 2[\cup]2\ 4[\text{ (car est partiellement très_agressif)} \end{cases}$$

- $\mu_{agr}(car)$: mesure le degré d'appartenance de la variable *car* à la classe agressif

$$\mu_{agr}(car) = \begin{cases} 1 & \text{si car} = 4 \text{ (car est totalement très_agressif)} \\ 0 & \text{si car} \geq 6 \text{ (car est non très_agressif)} \\ ]0\ 1[& \text{si car} \in]2\ 4[\cup]4\ 6[\text{ (car est partiellement très_agressif)} \end{cases}$$

- $\mu_{con}(car)$: mesure le degré d'appartenance de la variable *car* à la classe conciliateur

$$\mu_{con}(car) = \begin{cases} 1 & \text{si car} = 6 \text{ (car est totalement très_agressif)} \\ 0 & \text{si car} \geq 8 \text{ (car est non très_agressif)} \\ ]0\ 1[& \text{si car} \in]4\ 6[\cup]6\ 8[\text{ (car est partiellement très_agressif)} \end{cases}$$

- $\mu_{tcon}(car)$: mesure le degré d'appartenance de la variable *car* à la classe très-conciliateur

$$\mu_{tcon}(car) = \begin{cases} 1 & \text{si car} = 8 \text{ (car est totalement très_agressif)} \\ 0 & \text{si car} \geq 10 \text{ (car est non très_agressif)} \\ ]0\ 1[& \text{si car} \in]6\ 8[\cup]8\ 10[\text{ (car est partiellement très_agressif)} \end{cases}$$

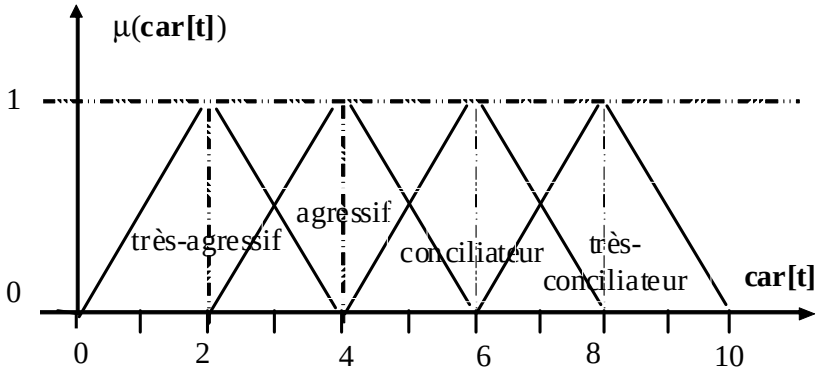


Figure 47: Modélisation floue (Fuzzification) de la variable car

- **Modélisation floue de la variable t**

Le temps (t), présente un facteur d'influence sur la prise de décision au cours du processus de négociation. L'agent (a) devient :

- Collaboratif si t est proche de 0 ($t \cong 0$)
- Moyennement collaboratif si t est proche de 0.5 ($t \cong 0.5$)
- Compétitif si t est proche de 1 ($t \cong 1$)

Ceci dit t est attribué à trois classes floues {favorable, critique, défavorable} présentées dans la Figure 48, selon les fonctions d'appartenance suivantes :

- $\mu_f(t)$: fonction d'appartenance de la variable t à la classe favorable.

$$\mu_f(t) = \begin{cases} 1 & si \ \ t \in [0 \ \ 0.5] \ (t \ est \ totalement \ favorable) \\ 0 & si \ \ t \in [0.7 \ \ 1] \ (t \ est \ non \ favorable) \\ ]0 \ 1[& si \ t \in [0.5 \ \ 0.7] \quad (t \ est \ partiellement \ favorable) \end{cases}$$

- $\mu_c(t)$: fonction d'appartenance de la variable t à la classe critique.

$$\mu_c(t) = \begin{cases} 1 & si \ \ t \in [0.7 \ \ 0.8] \ (t \ est \ totalement \ critique) \\ 0 & si \ \ t \in [0 \ \ 0.5] \quad (t \ est \ non \ critique) \\ ]0 \ 1[& si \ t \in [0.5 \ \ 0.7] \cup [0.8 \ \ 1] \quad (t \ est \ partiellement \ critique) \end{cases}$$

- $\mu_d(t)$: Fonction d'appartenance de la variable t à la classe défavorable.

$$\mu_d(t) = \begin{cases} 1 & si\ t \geq 1\ \ (t\ est\ \text{totalement}\ défavorable) \\ 0 & si\ \ t \in [0\ 0.8]\ \ (t\ est\ non\ défavorable) \\ ]0\ 1[& si\ t \in [0.8\ 1]\ \ (t\ est\ partiellement\ défavorable) \end{cases}$$

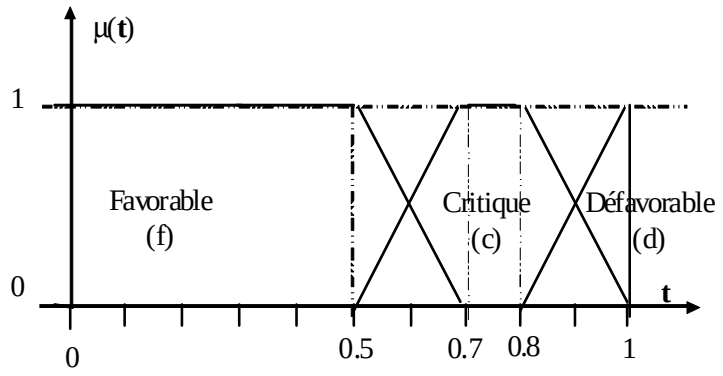


Figure 48: Modélisation floue de la variable t

❖ **Activation des règles d'inférences:**

La variable floue de sortie $\tilde{\beta}$ est exprimée par :

$$\tilde{\beta} = \beta\ \ est\ [\text{très_}p\text{etit} \mid p\text{etit} \mid m\text{oyen} \mid g\text{rand} \mid \text{très_grand}]$$

La syntaxe d'une entrée dans la base des règles est sous la forme :

SI car est [agressif | très_agressif | conciliateur |très_conciliateur] **ET** t est [favorable | critique | défavorable] **ALORS** β est [très_petit| petit| moyen|grand|très_grand]

❖ **Les règles de la base d'inférence:**

SI car est très_agressif ET t est favorable, ALORS β est très_petit

SI car est très_agressif ET t est critique, ALORS β est très_petit

SI car est agressif ET t est favorable, ALORS β est moyen

SI car est agressif ET t est critique, ALORS β est petit

SI car est conciliateur ET t est favorable, ALORS β est petit

SI car est conciliateur ET t est critique, ALORS β est très_petit

SI car est très_conciliateur ET t est favorable, ALORS β est petit

SI car est très_conciliateur ET t est critique, ALORS β est très_petit

❖ **Numérisation de la sortie floue $\tilde{\beta}$:**

Le centre de gravité des fonctions d'appartenance floues de la variable de sortie $\tilde{\beta}$ est utilisé pour le processus de défuzzification (Figure 49) pour fournir la valeur numérique de β.

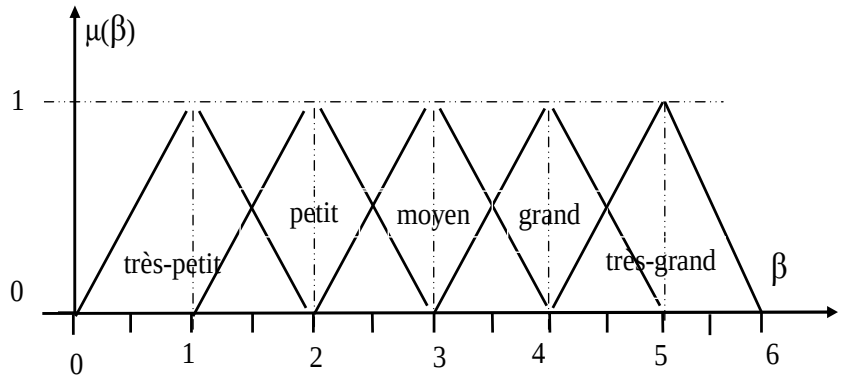


Figure 49: Numérisation de la variable β

5. Evaluation du degré de rationalité de l'agent:

Le degré de rationalité (δ) dénote le degré de collaboration de l'agent Perso-Rationnel afin d'arriver à un compromis satisfaisant les deux parties. Il est relativement dépendant du degré d'influence de la personnalité de l'agent (au sens du tempérament) ainsi que de sa proposition issue du sous-système basé sur la rationalité et du sous-système basé sur la personnalité. Le critère d'estimation du degré de rationalité est approximatif ce qui nous incite à modéliser cette phase d'évaluation par les techniques de la logique floue.

❖ **Modélisation floue de l'évaluation du degré de rationalité**

Comme présenté par la Figure 50, le degré de rationalité δ, est la conclusion des règles d'inférences appliquées aux variables d'entrées P_a^R , P_a^P et β .

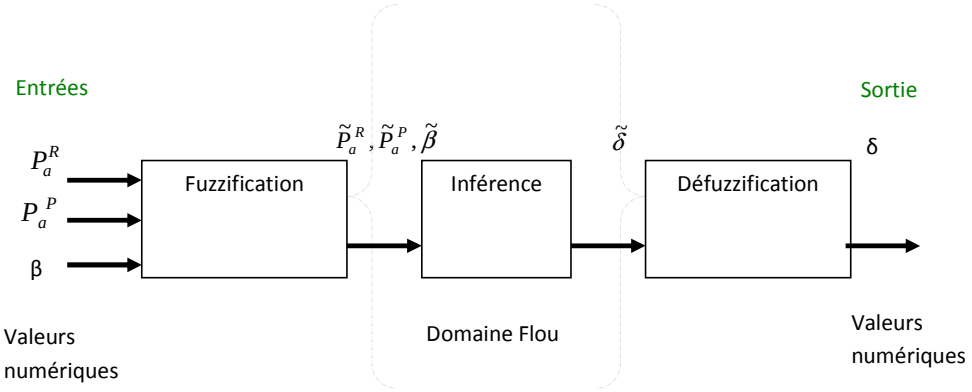


Figure 50: Modélisation floue de l'évaluation du degré de rationalité de l'agent

- P_a^R : proposition rationnelle
- P_a^P : proposition basée sur la personnalité
- β : facteur d'influence de la personnalité
- δ : degré de rationalité
- $\breve{P}_a^R$, $\breve{P}_a^P$,$\tilde{\beta}$, et $\tilde{\delta}$ sont les variables floues de P_a^R , P_a^P , β ,et de δ.

➢ **Modélisation floue de la variable** P_a^R

En la comparant à la valeur réservée limite (P_a^r) de l'agent Perso-Rationnel, la variable P_a^R peut être qualifiée de petite, moyenne, grande, ou très grande.

Les degrés d'appartenance de la variable normalisée P_a^R ($P_a^R \in [0 \quad 1]$) aux classes {petit, moyen grand, très-grand, présentées dans la Figure 52, sont définis par les fonctions suivantes :

- $\mu_p(P_a^R)$: fonction d'appartenance de la variable P_a^R à la classe petit

$$\mu_p(P_a^R) = \begin{cases} 1 & si\ \ P_a^R \in [0.1\ \ 0.2]\ (P_a^R\ est\ totalement\ petit) \\ 0 & si\ \ P_a^R \in [0.3\ \ 1]\ (P_a^R\ est\ non\ petit) \\ ]0\ 1[& si\ P_a^R \in]0\ \ 0.1[\cup]0.2\ 0.3[\ \ (P_a^R\ est\ partiellement\ petit) \end{cases}$$

- $\mu_m(P_a^R)$: fonction d'appartenance de la variable P_a^R à la classe moyen

$$\mu_m(P_a^R) = \begin{cases} 1 & si\ \ P_a^R \in [0.3\ \ 0.5]\ (P_a^R\ est\ totalement\ \text{moyen}) \\ 0 & si\ \ P_a^R \in [0\ \ 0.2] \cup [0.6\ 1]\ (P_a^R\ est\ non\ \text{moyen}) \\ ]0\ 1[& si\ P_a^R \in]0.2\ \ 0.3[\cup]0.5\ 0.6[\ (P_a^R\ est\ partiellement\ \text{moyen}) \end{cases}$$

- $\mu_g(P_a^R)$: fonction d'appartenance de la variable P_a^R à la classe grand

$$\mu_g(P_a^R) = \begin{cases} 1 & si\ \ P_a^R \in [0.6\ \ 0.7]\ (P_a^R\ est\ totalement\ \text{grand}) \\ 0 & si\ \ P_a^R \in [0\ \ 0.5] \cup [0.8\ 1]\ (P_a^R\ est\ non\ \text{grand}) \\ ]0\ 1[& si\ P_a^R \in]0.5\ \ 0.6[\cup]0.7\ 0.8[(P_a^R\ est\ partiellement\ \text{grand}) \end{cases}$$

- $\mu_{tg}(P_a^R)$: fonction d'appartenance de la variable P_a^R à la classe très-grand

$$\mu_{tg}(P_a^R) = \begin{cases} 1 & si\ \ P_a^R \in [0.8\ \ 1]\ (P_a^R\ est\ totalement\ tr\grave{e}s_\text{grand}) \\ 0 & si\ \ P_a^R \in [0\ \ 0.7]\ (P_a^R\ est\ non\ tr\grave{e}s_\text{grand}) \\ ]0\ 1[& si\ P_a^R \in]0.7\ \ 0.8[\ (P_a^R\ est\ partiellement\ tr\grave{e}s_\text{grand}) \end{cases}$$

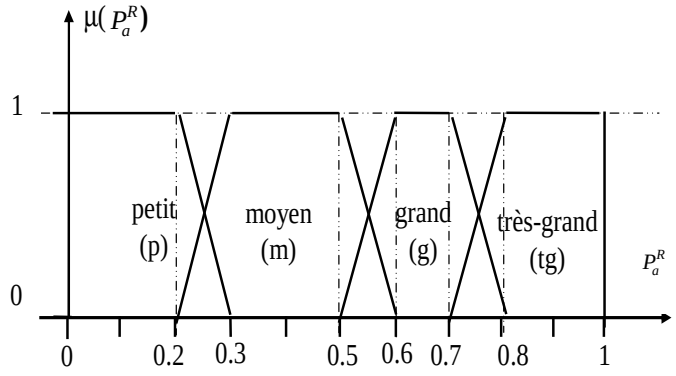


Figure 52: Numérisation de la variable P_a^R

- **Modélisation floue de la variable P_a^P**

En la comparant à la valeur réservée limite (P_a^r) de l'agent Perso-Rationnel, la variable P_a^P peut être qualifiée de petite, moyenne, grande, ou très grande.

Les degrés d'appartenance de la variable normalisée P_a^P ($P_a^P \in [0 \quad 1]$) aux classes {petit, moyen grand, très-grand}, présentées dans la Figure 53, sont définis par les fonctions suivantes :

- $\mu_p(P_a^P)$: fonction d'appartenance de la variable P_a^P à la classe petit

$$\mu_p(P_a^P) = \begin{cases} 1 & si \;\; P_a^P \in [0.1 \;\; 0.2] \; (P_a^P \; est \; totalement \; petit) \\ 0 & si \;\; P_a^P \in [0.3 \;\; 1] \; (P_a^P \; est \; non \; petit) \\ ]0 \; 1[& si \; P_a^P \in]0 \;\; 0.1[\cup]0.2 \; 0.3[\quad (P_a^P \; est \; partiellement \; petit) \end{cases}$$

- $\mu_m(P_a^P)$: fonction d'appartenance de la variable P_a^P à la classe moyen

$$\mu_m(P_a^P) = \begin{cases} 1 & si \;\; P_a^P \in [0.3 \;\; 0.5] \; (P_a^P \; est \; totalement \; \text{moyen}) \\ 0 & si \;\; P_a^P \in [0 \;\; 0.2] \cup [0.6 \; 1] \; (P_a^P \; est \; non \; \text{moyen}) \\ ]0 \; 1[& si \; P_a^P \in]0.2 \;\; 0.3[\cup]0.5 \; 0.6[\; (P_a^P \; est \; partiellement \; \text{moyen}) \end{cases}$$

- $\mu_g(P_a^P)$: fonction d'appartenance de la variable P_a^P à la classe grand

$$\mu_g(P_a^P) = \begin{cases} 1 & si \;\; P_a^P \in [0.6 \;\; 0.7] \; (P_a^P \; est \; totalement \; \text{grand}) \\ 0 & si \;\; P_a^P \in [0 \;\; 0.5] \cup [0.8 \; 1] \; (P_a^P \; est \; non \; \text{grand}) \\ ]0 \; 1[& si \; P_a^P \in]0.5 \;\; 0.6[\cup]0.7 \; 0.8[\; (P_a^P \; est \; partiellement \; \text{grand}) \end{cases}$$

- $\mu_{tg}(P_a^P)$: fonction d'appartenance de la variable P_a^P à la classe très-grand

$$\mu_{tg}(P_a^P) = \begin{cases} 1 & si \;\; P_a^P \in [0.8 \;\; 1] \; (P_a^P \; est \; totalement \; tr\grave{e}s_\text{grand}) \\ 0 & si \;\; P_a^P \in [0 \;\; 0.7] \; (P_a^P \; est \; non \; tr\grave{e}s_\text{grand}) \\ ]0 \; 1[& si \; P_a^P \in]0.7 \;\; 0.8[\; (P_a^P \; est \; partiellement \; tr\grave{e}s_\text{grand}) \end{cases}$$

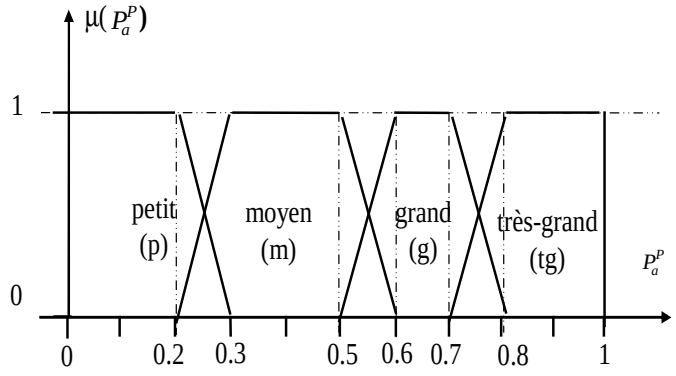


Figure 53: Numérisation de la variable P_a^P

- **Modélisation floue de la variable β**

Le degré d'influence β peut être classé comme très-petit, petit, moyen, grand, et très grand, comme illustré dans la Figure 49, selon les fonctions d'appartenance suivantes :

- $\mu_{tp}(\beta)$ fonction d'appartenance de la variable β à la classe très-petit

$$\mu_{tp}(\beta) = \begin{cases} 1 & \text{si } \beta = 1 \quad (\beta \text{ est totalement très_petit}) \\ 0 & \text{si } \beta \geq 2 \quad (\beta \text{ est non très_petit}) \\ ]0\ 1[& \text{si car } \in]0\ 1[\cup]1\ \ 2[\quad (\beta \text{ est partiellement très_petit}) \end{cases}$$

- $\mu_{p}(\beta)$ fonction d'appartenance de la variable β à la classe petit

$$\mu_{p}(\beta) = \begin{cases} 1 & \text{si } \beta = 2 \quad (\beta \text{ est totalement petit}) \\ 0 & \text{si } \beta \geq 3 \quad (\beta \text{ est non petit}) \\ ]0\ 1[& \text{si car } \in]1\ 2[\cup]2\ \ 3[\quad (\beta \text{ est partiellement petit}) \end{cases}$$

- $\mu_{m}(\beta)$ fonction d'appartenance de la variable β à la classe moyen

$$\mu_{m}(\beta) = \begin{cases} 1 & \text{si } \beta = 3 \quad (\beta \text{ est totalement moyen}) \\ 0 & \text{si } \beta \geq 4 \quad (\beta \text{ est non moyen}) \\ ]0\ 1[& \text{si car } \in]2\ 3[\cup]3\ \ 4[\quad (\beta \text{ est partiellement moyen}) \end{cases}$$

- $\mu_{g}(\beta)$ fonction d'appartenance de la variable β à la classe grand

$$\mu_{g}(\beta) = \begin{cases} 1 & \text{si } \beta = 4 \quad (\beta \text{ est totalement grand}) \\ 0 & \text{si } \beta \geq 5 \quad (\beta \text{ est non grand}) \\ ]0\ 1[& \text{si car } \in]3\ 4[\cup]4\ \ 5[\quad (\beta \text{ est partiellement grand}) \end{cases}$$

- $\mu_{tg}(\beta)$ fonction d'appartenance de la variable β à la classe très-grand

$$\mu_{tg}(\beta) = \begin{cases} 1 & \text{si } \beta = 5 \quad (\beta \text{ est totalement très_grand}) \\ 0 & \text{si } \beta \geq 6 \quad (\beta \text{ est non très_grand}) \\ ]0\ 1[& \text{si } \beta \in]4\ \ 5[\cup]5\ \ 6[\quad (\beta \text{ est partiellement très_grand}) \end{cases}$$

❖ **Activation des règles d'inférences:**

La variable floue de sortie $\tilde{\delta}$ est exprimée par :

$$\tilde{\delta} = \delta \ est \ [\text{très_}p\text{etit} \mid p\text{etit} \mid m\text{oyen} \mid g\text{rand} \mid \text{très_grand}]$$

❖ **La syntaxe d'une entrée dans la base des règles est sous la forme :**

SI P_a^R est [petit | moyen | grand |très_grand] **ET** P_a^R est [petit | moyen | grand |très_grand] **ET** β est [très_petit| petit| moyen|grand|très_grand] **ALORS** δ est [très_petit| petit| moyen|grand|très_grand]

❖ **Quelques règles de la base d'inférence (voir la suite dans l'annexe 6):**

SI P_a^R est petit **ET** P_a^P est petit **ET** β est très-petit **ALORS** δ est très-petit

SI P_a^R est moyen **ET** P_a^P est grand **ET** β est très-petit **ALORS** δ est petit

SI P_a^R est moyen **ET** P_a^P est très-grand **ET** β est très-petit **ALORS** δ est moyen

SI P_a^R est petit **ET** P_a^P est petit **ET** β est moyen **ALORS** δ est moyen

SI P_a^R est petit **ET** P_a^P est petit **ET** β est grand **ALORS** δ est grand

SI P_a^R est petit **ET** P_a^P est petit **ET** β est très-grand **ALORS** δ est très-grand

SI P_a^R est petit **ET** P_a^P est moyen **ET** β est petit **ALORS** δ est petit

SI P_a^R est petit **ET** P_a^P est moyen **ET** β est moyen **ALORS** δ est moyen

SI P_a^R est petit **ET** P_a^P est moyen **ET** β est grand **ALORS** δ est grand

SI P_a^R est petit **ET** P_a^P est moyen **ET** β est très-grand **ALORS** δ est très-grand

...

❖ **Numérisation de la sortie floue $\tilde{\delta}$:**

Le centre de gravité des fonctions d'appartenance floues de la variable de sortie $\tilde{\delta}$ est utilisé pour le processus de défuzzification (présenté par la Figure 54) pour fournir la valeur numérique de δ.

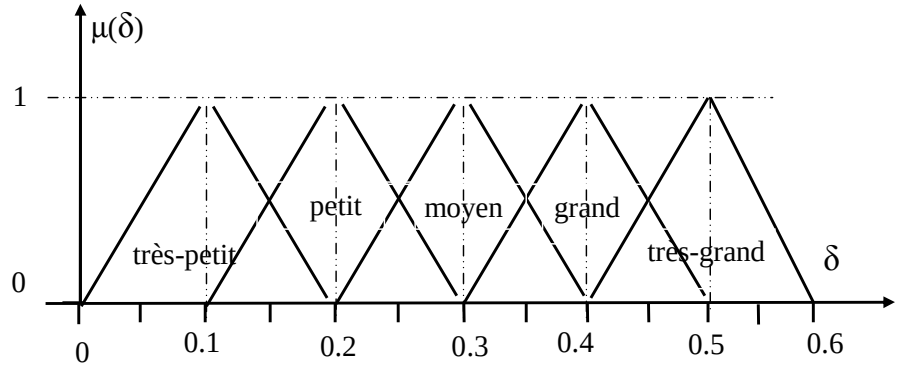


Figure 54: Numérisation de la variable δ

III. Evaluation ET Validation de l'approche Perso-Rationnelle

Afin d'évaluer et de valider la combinaison de l'approche basée sur la rationalité et de l'approche floue basée sur la personnalité (Perso-Rationnelle), nous allons réaliser des expériences mettant en relief des tests de performance du modèle Perso-Rationnel en se basant sur les mesures de gain (du prix), du temps, et du taux de réussite du processus de négociation. Les expériences menées porteront sur une confrontation entre deux modèles : le modèle Perso-Rationnel et le modèle Dépendant du temps, en modifiant à chaque fois un trait de caractère tel que agressif, neutre, ou conciliateur d'un des deux modèles décrits ci-dessous.

1. Environnement et paramètres de négociation: La négociation du prix d'un bien entre un acheteur et un vendeur

Nous allons limiter notre environnement à une négociation bilatérale entre un agent acheteur (a) de stratégie Perso-Rationnel contre un agent vendeur (v) de stratégie dépendante du temps pour le prix d'un bien. Les deux agents sont définis comme suit :

- L'agent (a) est doté de :

- Une base de connaissances,
- Un ensemble de caractères: ,
- Un ensemble de tactiques (dépendantes du temps croissantes) basées sur sa personnalité
- Un ensemble de tactiques (cherchant un compromis) basée sur sa rationalité
- Une capacité d'adaptation à l'environnement,

- L'agent (v) est caractérisé par:

- Une base de connaissances,
- Un ensemble de caractères: ,
- Un ensemble de tactiques (dépendantes de la personnalité floue décroissantes) de prise de décisions (génération d'offres).

2. Mesures d'Evaluation

Le problème de la négociation est présenté sous la forme d'un jeu stratégique défini par le triplé $< A,\ P,\ U >$ où :

- A est l'ensemble de joueurs, $A = \{a, v\}$ (a : acheteur, v : vendeur)
- P est l'ensemble de stratégies des deux joueurs :
  - $P = \{\{P_v^{t_0},\ P_v^{t_0+2},\ P_v^{t_0+4},..,P_v^{T_{mv}}\},\{P_a^{t_0+1},\ P_a^{t_0+3},\ P_a^{t_0+5},..,\ P_a^{T_{ma}}\}\}$
  - $P_v^{t_0}$ la proposition du vendeur v à l'instant t_0
  - $P_a^{t_0+1}$ la proposition de l'acheteur a à l'instant $t_0 + 1$
  - $P_v^{T_{mv}}$ et $P_a^{T_{ma}}$ sont respectivement les dernières offres possibles de v et de a à T^{mv} et T^{ma} tel que $\max(T^{ma},\ T^{mv}) <= \min(\ T_{\max}^{a}\ et\ T_{\max}^{v}\ )$; $T_{\max}^{a}$ et $T_{\max}^{v}$ sont respectivement les délais de négociation de l'acheteur a et du vendeur v .
- U est la fonction d'évaluation de gain à chaque proposition donnée :
  - Evaluation du gain de l'acheteur suite à une proposition P:

$$U_a = (\max_a - P)/(\max_a - \min_a)$$

  - Evaluation du gain du vendeur suite à une proposition P:

$$U_v = (P - \min_v)/(\max_v - \min_v)$$

P est la dernière proposition issue d'un des deux joueurs (a) ou (v); $P = \{P_v^t / P_a^t\}$.

- Pacc est le pourcentage d'accords dans une expérimentation réussie:

$$Pacc = \frac{nombre \quad total \quad des \ accords}{nombre \quad total \ des \quad cas \ de \quad negociatio \ ns}$$

– Ntr est le nombre de tours moyen pour atteindre un accord:

$$Ntr = \frac{somme \quad des \ nombres \quad de \quad tours \ pour \ atteindre \quad un \ accord}{nombre \quad total \quad des \ accords}$$

3. Protocole Expérimental

Afin d'évaluer les différentes tactiques proposées, en termes de gain d'utilité, du temps et du taux d'accord, dans les divers types de situations comportementales, nous allons réaliser un ensemble d'expérimentations de jeu de négociation entre des acheteurs (se comportant selon la stratégie Perso-Rationnelle) et des vendeurs (se comportant selon la stratégie dépendante du temps).

Le but de chaque expérimentation, est de confronter des acheteurs et des vendeurs de stratégies et de caractères différents et de déterminer leurs utilités moyennes résultantes, le pourcentage d'accord, et le taux de réussites des cas de négociation.

❖ **Les tactiques de négociation:**

Deux classes de tactiques sont confrontées :

1) La classe de tactique Perso-Rationnelle définie par:

– $T_{\max}^{a}$: le temps maximal de négociation pour l'acheteur.

– $\min_a$: la valeur minimale limite du prix (réservée) que peut atteindre l'acheteur.

– $\max_a$: la valeur maximale du prix (désirée) proposée par l'acheteur. $\max_a = \min_a + \theta^a$

– θ^a : l'intervalle de négociation pour l'agent acheteur, $\theta^a = \max_a - \min_a$

– δ : le degré d'intersection entre l'intervalle de négociation du vendeur et celui de l'acheteur, $\partial \in [0 \ \ 0.99]$; $\partial \approx 0$ désigne un chevauchement total; $\partial \approx 0.99$ désigne un non-

chevauchement entre les deux intervalles.

- con : la valeur du caractère conciliateur interne de l'acheteur, $con \in [0 \ 10]$.
- agr : la valeur du caractère agressif interne de l'acheteur, $agr \in [0 \ 10]$.

2) La classe de tactique dépendante du temps définie par:

$$P_v^t = \min_v + (1 - \alpha(t)).\left(\max_v - \min_v\right)$$

où $\alpha(t)$ est une fonction dépendante du temps qui détermine la vitesse de concession d'une offre: $\alpha(t) = \left(\frac{t}{T_{\max}^v}\right)^{\frac{1}{\beta}}$

a) $T_{\max}^v$: le temps maximal de négociation pour le vendeur

b) $\min_v$: la valeur minimale limite du prix (réservée) que peut atteindre le vendeur, $\min_v = \min_a + \theta^a.\partial$

c) $\max_v$: la valeur maximale du prix (désirée) proposée par le vendeur, $\max_v = \min_v + \theta^v$

d) θ^v : l'intervalle de négociation pour l'agent vendeur, $\theta^v = \max_v - \min_v$

e) ∂ : le degré d'intersection entre l'intervalle de négociation du vendeur et celui de l'acheteur, $\partial \in [0 \ 0.99]$; $\partial \approx 0$ désigne un chevauchement total ; $\partial \approx 0.99$ désigne un non-chevauchement.

f) β : le degré d'agressivité ou de concession de l'agent. Si $\beta < 1$ alors l'agent est agressif sinon si $\beta > 1$ alors il est conciliateur.

Le Tableau 3 présente les six classes de tactiques dépendantes de la variation des variables β, con et agr.

Classes	Noms	Intervalles
Dep. temps	Conciliateur (VC)	$\beta \in [0.1 \quad 0.2]$
Dep. temps	Neutre (VN)	$\beta = 1.0$
Dep. temps	Agressif (VA)	$\beta \in [20.0 \quad 40.0]$
personnalité floue	Conciliateur (AC)	$con \in [0.0 \quad 4.0]$ $agr \in [6.0 \quad 1.0]$
personnalité floue	Neutre (AN)	$con = agr = 5.0$
personnalité floue	Agressif (AA)	$con \in [6.0 \quad 1.0]$ $agr \in [0.0 \quad 4.0]$

Tableau 3: Les tactiques de négociation

❖ **Protocole de négociation :**

- La prise de décisions s'effectue en une séquence de négociation bilatérale automatisée en tours.

- Chaque tour est composé d'une proposition et d'une contre-proposition.

- La contre-proposition d'un agent (a) à l'instant $t+1$ suite à l'offre proposée par l'agent (v) à l'instant t est :

  - Refus si $t > T^a_{\max}$
  - Accord si $P^t_v \leq P^{t+1}_a$
  - Sinon P^{t+1}_a

- La contre proposition d'un agent (v) à l'instant $t+1$ suite à l'offre proposée par l'agent a à l'instant t est :

  - Refus si $t > T^{v}_{\max}$
  - Accord si $P^{t}_{a} \geq P^{t+1}_{v}$
  - Sinon P^{t+1}

❖ **Expériences**

Afin d'expérimenter toutes les combinaisons possibles des tactiques de négociations nous avons réalisé trois cas contenant chacun neuf expériences définies comme suit:

➢ Les trois (03) cas de négociation sont:

1. cas1: $T^{a}_{\max} > T^{v}_{\max} \Rightarrow T_{\max} = T^{v}_{\max}$,
2. cas2: $T^{a}_{\max} = T^{v}_{\max} \Rightarrow T_{\max} = T^{v}_{\max} = T^{a}_{\max}$,
3. cas3: $T^{a}_{\max} < T^{v}_{\max} \Rightarrow T_{\max} = T^{a}_{\max}$.

➢ Les neuf (09) expériences dans chaque cas de négociation sont:

- 1ère expérience : Acheteurs Agressifs (AA) / Vendeurs Agressifs (VA),
- 2ème expérience: Acheteurs Agressifs (AA) / Vendeurs Neutres (VN),
- 3ème expérience: Acheteurs neutres (AN) / Vendeurs Agressifs (VA),
- 4ème expérience: Acheteurs neutres (AN) / Vendeurs Neutres (VN),
- 5ème expérience: Acheteurs agressifs (AA) / Vendeurs Conciliateurs (VC),
- 6ème expérience: Acheteurs conciliateurs (AC) / Vendeurs Agressifs (VA),
- 7ème expérience: Acheteurs conciliateurs (AC) / Vendeurs Conciliateurs (VC),
- 8ème expérience: Acheteurs conciliateurs (AC) / Vendeurs Neutres (VN),
- 9ème expérience: Acheteurs neutres (AN) / Vendeurs Conciliateurs (VC).

❖ **Choix des paramètres de négociation**

- Le choix du candidat qui débute la négociation est aléatoire.
- $\{ T_{\max}^{v} , T_{\max}^{a} \} \in [20 \ \ 100]$
- $\min_a = 10$
- $\theta^a \in [10 \ \ 90]$
- $\theta^v \in [10 \ \ 90]$
- $\partial = 0$
- $T_{\max}$ (délai de la négociation) = min ($T_{\max}^{v}$,$T_{\max}^{a}$) : la valeur minimale entre $T_{\max}^{v}$ et $T_{\max}^{a}$

1. Expérimentation des négociations réussies et échouées

Dans les trois cas (Cas1, Cas2, et Cas3) en tenant compte des négociations réussies et échouées, une étude comparative a été menée entre la stratégie basée sur la Perso-Rationnalité et la stratégie dépendante du temps, portant sur la moyenne des utilités moyennes des joueurs de tactiques différentes. Le but de cette étude est de déterminer la stratégie la plus gagnante.

1) **Cas1 :** $T_{\max}^{a} > T_{\max}^{v}$

Dans ce premier cas, nous remarquons d'après la Figure 55, la prédominace totale des utilités moyennes des agents de stratégies Perso-Rationnelles en les comparants à celles des agents de stratégies dépendantes du temps (voir tableau 21 de l'annexe 5), sauf dans les 3 cas suivants :

- Acheteur agressif / (contre) Vendeur agressif (AA/VA)
- Acheteur neutre / (contre) Vendeur agressif (AN/VA)
- Acheteur conciliateur / (contre) Vendeur agressif (AC/VA)

Cette observation dénote qu'une prise décision d'un agent (a) basée, d'une part, sur son caractère courant (conciliateur, neutre, ou agressif), et d'autre part, sur sa rationalité incite l'aboutissement à un compromis final avec l'adversaire tout en gardant une marge de gain souhaitée. Ce ci est contredit dans les cas où l'adversaire n'est pas collaboratif (agressif).

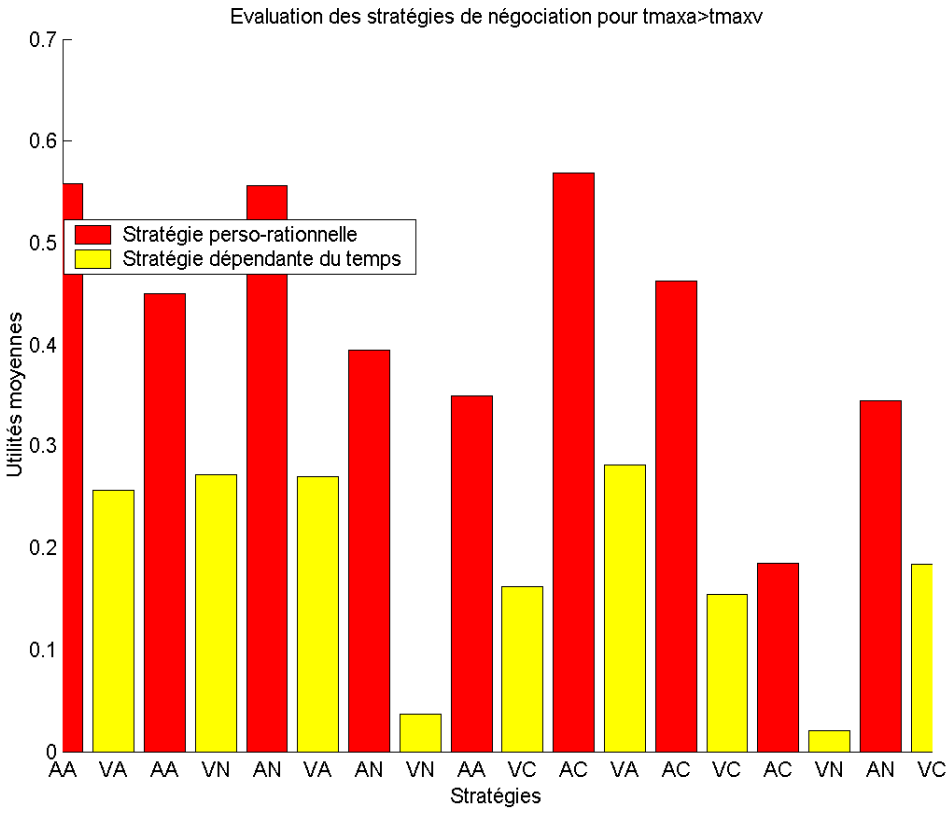


Figure 55: Utilités moyennes des joueurs en négociation pour $T^{a}_{\max} > T^{v}_{\max}$

2) Cas2: $T^{a}_{\max} = T^{v}_{\max}$

Idem que le cas précédent, en égalisant les délais de négociation des deux stratégies, nous remarquons d'après la Figure 75 (Annexe 6) la supériorité des utilités des stratégies Perso-Rationnelles par rapport aux stratégies dépendantes du temps sauf dans les cas suivants :

- Acheteur agressif / (contre) Vendeur agressif (AA/VA)
- Acheteur neutre / (contre)Vendeur agressif (AN / VA)
- Acheteur conciliateur/ (contre) Vendeur agressif (AC / VA)

Ce résultat montre que la stratégie Perso-Rationnelle est une stratégie conquérante, quelque soit la tactique suivie, sauf dans les cas où la tactique adversaire est purement compétitive (agressive).

3) Cas3: $T^{a}_{\max} < T^{v}_{\max}$

D'après la Figure 76 (Annexe 6) nous remarquons qu'un délai reduit de négociation des agents de stratégie Perso-Rationnelle entraine une baisse globale des utilités moyennes de ces derniers, surtout dans les cas où les agents de stratégie dépendante du temps sont agressifs.

Ce résultat indique qu'un temps insuffisant de négociation d'un agent Perso-Rationnel entraine une baisse globale de chances d'accords avec son adversaire, quelque soient les tactiques suivies (sachant qu'un désaccord entraine une utilité nulle pour les deux parties).

2. Expérimentation des négociations réussies

Dans les trois cas (Cas1, Cas2, et Cas3) en tenant compte uniquement des négociations réussies, nous avons expérimenté les mesures des utilités moyennes des joueurs, des pourcentages des accords, et des nombres moyens de tours pour arriver à un accord.
Le but de cette expérimentation est de mettre en relief les gains des ressources financières et du temps qu'on peut atteindre dans les divers expériences ainsi que la garantie de réussite indépendamment des tactiques de négociations.

1) **Cas1:** $T^{a}_{\max} > T^{v}_{\max}$

❖ **Utilités moyennes**

D'après la Figure 56 nous remarquons la prédominance des utilités moyennes de (a) par rapport à celles de (v), sauf dans les cas où (v) sont agressifs. Autrement dit, la stratégie Perso-Rationnelle favorise un aboutissement réussi du processus de négociation bilatéral avec des gains (de prix) supérieurs des agents (a) par rapport à leurs rivaux (v). Cette remarque est contredite dans les cas ou les agents (v) sont non coopératifs (agressifs).

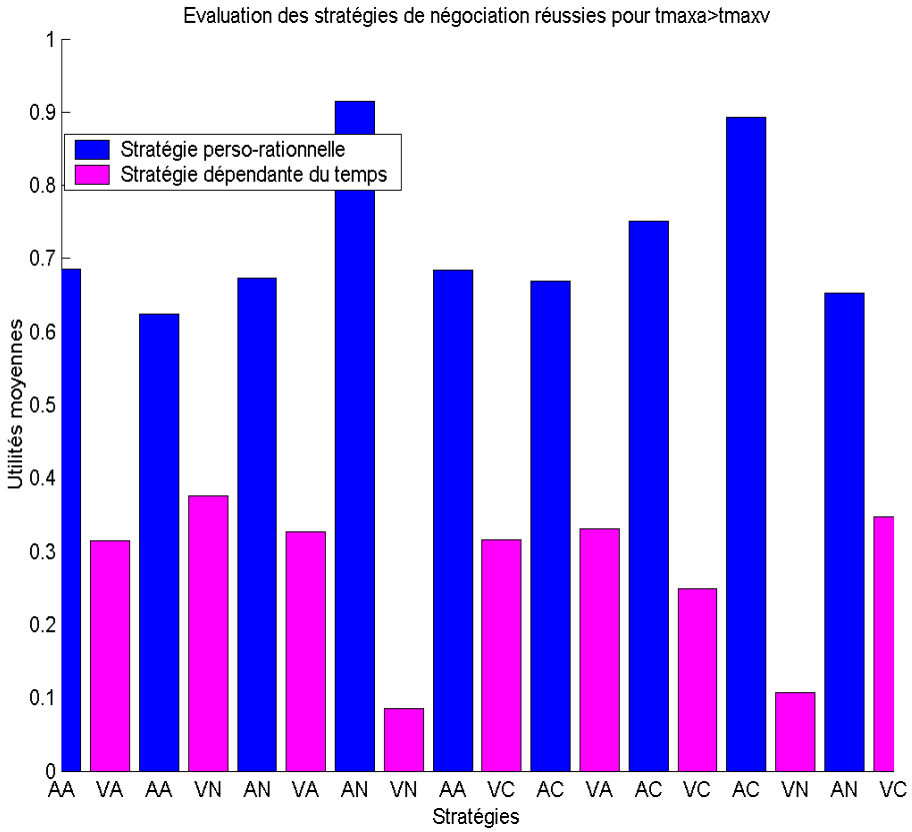


Figure 56: Utilités moyennes des joueurs en négociation réussies pour $T^{a}_{\max} > T^{v}_{\max}$

❖ **Pourcentage d'Accords**

Le pourcentage d'accord dénote la garantie à entamer une négociation réussie avec les différentes tactiques de négociation. Ainsi d'après la Figure 57 nous observons que le pourcentage d'accord s'approche de 0.4, c.-à-d. que presque la moitié des cas de négociation sont réussis et ceci indépendamment des tempéraments des deux joueurs.

Ce résultat est interprété par l'influence de la rationalité de l'agent Perso-Rationnel à aboutir à un accord final, indépendamment des caractères psychiques (conciliateur, neutre, ou agressif) des deux joueurs.

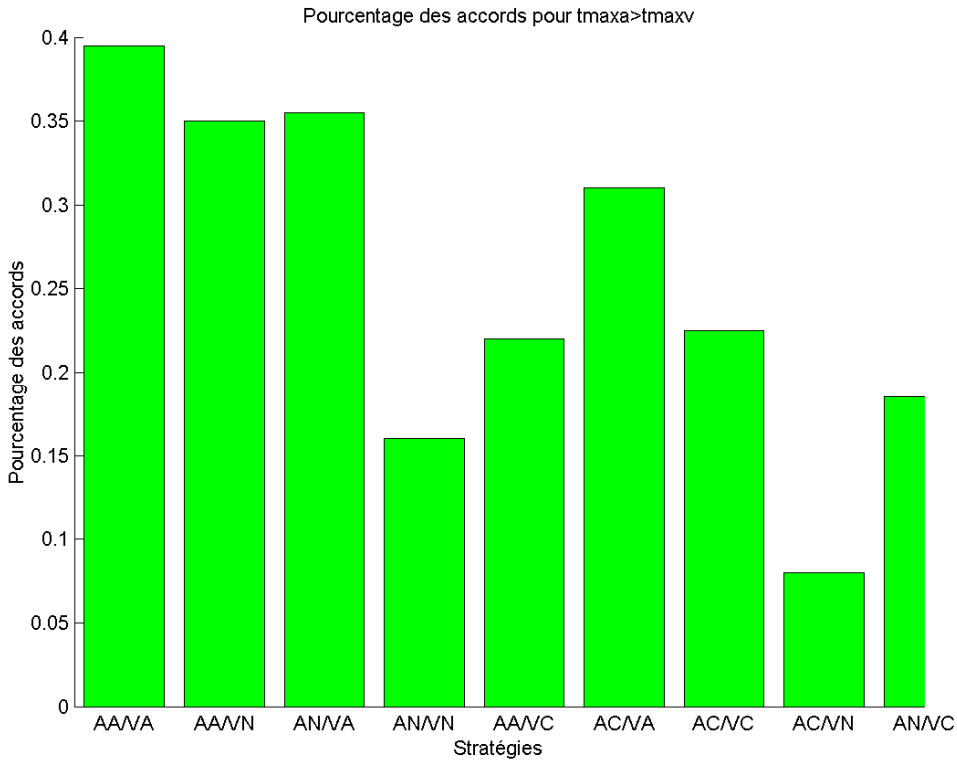


Figure 57: Pourcentage des accords pour $T^{a}_{\max} > T^{v}_{\max}$

❖ **Moyenne de nombre de tours**

Cette mesure, exprimées en pourcentages, permet de déterminer la part du temps mise en négociation afin d'arriver à un accord final. La Figure 58 montre une baisse considérable du nombre de tours pour arriver à un accord dans les cas où l'un des deux joueurs est conciliateur.

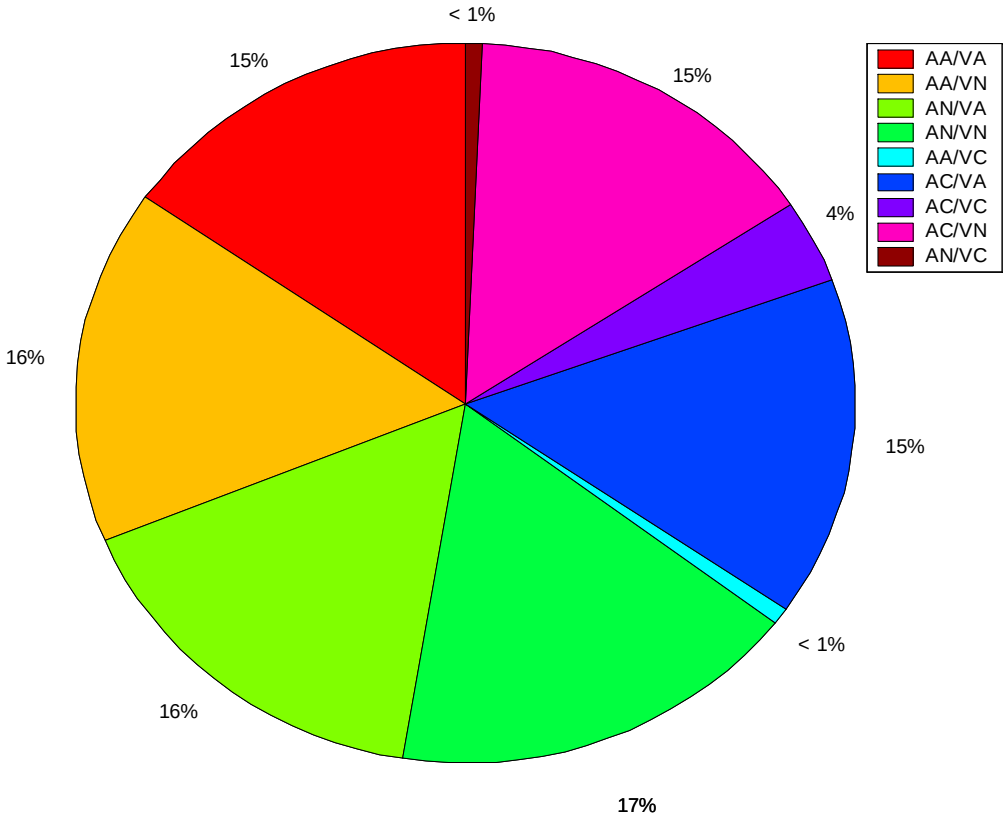


Figure 58: Nombre moyen de tours pour arriver à un accord pour $T^{a}_{\max} > T^{v}_{\max}$

Ce résultat explique que le tempérament conciliateur d'un des deux joueurs aide à diminuer le temps de négociation, c.à.d. que les joueurs conciliateurs concèdent très rapidement vers un compromis avec leurs adversaires.

1) Cas2: $T^{a}_{\max} = T^{v}_{\max}$

❖ **Les utilités moyennes des joueurs**

Idem que Cas1, en égalisant les délais de négociation des joueurs nous constatons, à partir de la Figure77 (Annexe 6), que les utilités moyennes des stratégies Perso-Rationnelles sont globalement supérieures à celles des stratégies dépendantes du temps, sauf dans les cas où les vendeurs sont de caractères agressifs.

Ce résultat montre que la stratégie Perso-Rationnelle aide à trouver un accord avec l'adversaire sauf si ce dernier est non coopératif (agressif).

❖ **Pourcentage d'accords**

D'après la Figure 78 (Annexe 6) nous observons que le pourcentage d'accord est important dans les expériences où l'une des deux tactiques est conciliatrice. Cette observation indique que le tempérament conciliateur d'un joueur favorise la concession vers la zone d'accord et l'acquisition d'un accord final avec son adversaire.

❖ **Moyenne de nombre de tours**

Nous remarquons, d'après la Figure 79 (Annexe 6), que le nombre de tours pour arriver à un accord est assez faible variant entre un seul tour de négociation (7ème expérience) et 23 tours (4ème expérience : AN/VN).

Ce résultat met en relief, d'une part, l'influence du tempérament conciliateur sur la vitesse de concession du joueur vers la zone d'accord avec son adversaire ; et d'autre part l'implication de la stratégie Perso-Rationnelle dans la réduction le temps de négociation.

3) Cas3: $T^{a}_{\max} < T^{v}_{\max}$

❖ **Les utilités moyennes des joueurs**

En diminuant les délais de négociation de la stratégie Perso-Rationnelle, nous remarquons d'après la Figure 80 (Annexe 6) une baisse générale des utilités moyennes de cette dernière, surtout dans les cas ou les tactiques dépendantes du temps sont de trait de caractère agressif.

Ce résultat montre qu'un temps réduit de négociation d'un agent de stratégie Perso-Rationnelle entraine un échec à atteindre la zone d'accord avec son adversaire de stratégie dépendante du temps (utilités nulles pour les deux joueurs) surtout dans le cas où ce dernier est de tactique agressif.

❖ **Pourcentage d'accord**

D'après la Figure 81 (Annexe 6) une baisse globale des taux des accords surtout dans les expériences où l'une des tactiques est agressive.

Ce résultat est illustré par l'influence défavorable d'un délai réduit de négociation, de la stratégie Perso-Rationnelle, sur l'aboutissement d'un accord avec la stratégie dépendante du temps, surtout dans les cas où l'un des deux rivaux est de tactique agressive.

➢ **Remarque**

Le pourcentage d'accords augmente lorsque l'un des membres de négociation (acheteur/ vendeur) est conciliateur et il décroit lorsque au moins, l'un d'eux est agressif.

En d'autres termes le tempérament des joueurs influe sur l'aboutissement à un accord final entre les deux joueurs:

- Si au moins l'un des deux joueurs est conciliateur alors le pourcentage d'accord est élevé.

- Sinon si au moins l'un d'eux est agressif alors le pourcentage d'accord est petit.

❖ **Moyenne du nombre de tours**

La Figure 82 (Annexe 6) illustre que le nombre moyen de tours est généralement réduit si l'une des tactiques est conciliatrice mais ne dépassant pas les 19 tours. C'est à dire que la vitesse de concession vers la zone d'accord d'un agent négociateur conciliateur est rapide.

➢ **Remarque :**

On remarque que le nombre de tours, pour arriver à un accord, dépend du tempérament des joueurs en compétition, plus explicitement ce nombre est plus important si l'un des deux joueurs est agressif et plus faible si l'un d'eux est conciliateur. Mais ce nombre reste toujours raisonnable et ne dévoile pas une perte du temps de négociation.

Ce résultat peut être interprété par deux faits :

- Le premier est basé sur l'influence de la stratégie Perso-Rationnelle dans l'aboutissement à un accord final entre les joueurs en compétition dans un délai de négociation raisonnable,

- Le deuxième est basé sur l'influence du caractère (agressif ou conciliateur) d'un agent négociateur sur sa vitesse de concession vers la zone d'accord :

    - Si l'agent est agressif alors sa vitesse de concession est lente par conséquent le nombre de tours pour arriver à un accord est grand.

    - Si l'agent est conciliateur alors sa vitesse de concession est rapide par conséquent le nombre de tours pour arriver à un accord est petit.

IV. Conclusion

L'objectif de ce chapitre est de modéliser un comportement complexe de négociation automatisée par un agent Perso-Rationnel dans sa prise de décision, faisant appel à deux approches complémentaires dont l'une est basée sur la personnalité (au sens du tempérament) et l'autre est d'aspect Rationnel :

- L'approche de personnalité est basée sur l'étude de la variation du tempérament (caractère interne) dominant de l'agent (suite à un flot de données d'entrées) et son impact dans la prise de décision au cours du processus de la négociation tout en assurant un gain exclusif.

- L'approche Rationnelle est basée sur un raisonnement objectif intelligent qui tente de trouver un compromis avec l'adversaire (en tenant compte de ses objectifs) dans la prise de décision. Cette approche considère le processus de négociation comme un jeu collaboratif entre deux (ou plusieurs) partenaires dont le but est d'aboutir à des gains réciproques « gagnant-gagnant ».

L’évaluation du modèle combiné est réalisé par une série d’expériences, portant sur la modélisation d’un processus de négociation bilatérale automatisée entre un acheteur Perso-Rationnelle contre un vendeur de stratégie dépendante du temps [**53**] .

L’évaluation empirique nous a permis de distinguer deux types d’expérimentations :

- L’expérimentation des négociations réussies et échouées:

Cette expérimentation englobe toutes les expériences qui ont aboutit ou pas à un accord final entre les deux négociateurs.

Cette expérimentation dévoile la supériorité globale du gain, au sens des utilités moyennes, de la stratégie basée sur la Perso-Rationnalité, par rapport à la stratégie dépendante du temps, sauf dans certains cas où le trait de caractère d’un des deux adversaires (dits non coopératifs) est agressif.

- L’expérimentation des négociations réussies :

Cette deuxième expérimentation a permis d’évaluer les mesures de performance du processus de négociation bilatérale, en termes d’utilités moyennes, pourcentage d’accord, et de nombre de tours pour arriver à un accord, ainsi:

- un gain optimisé du temps de négociation, en termes de nombre de tours pour arriver à un accord entre des deux adversaires, est examiné. Ce nombre peut se limiter à 2 tours de négociation quels que soient les délais de négociation des adversaires dans les cas où au moins l’un des deux rivaux en négociation est de trait de caractère conciliateur.
- une amélioration générale des pourcentages d’accords est notée, en comparant les différents cas de négociation de la stratégie proposée (contre la stratégie dépendante du temps) avec les différents cas de négociation de la stratégie basée sur la personnalité proposée (contre la stratégie dépendante du temps).

Ces observations permettent de conclure que l'amélioration des critères de performances du processus de négociation (utilité moyenne, temps de négociation, et pourcentage d'accord) est due à la combinaison des deux approches basées respectivement sur:

- La personnalité (au sens de tempérament et de caractère interne de l'agent) qui apporte une utilité moyenne satisfaisant aux objectifs de l'agent
- Et la rationalité qui apporte un gain du temps et un pourcentage d'accord considérables.

Ainsi l'approche Perso-Rationnel a bien combattu l'approche classique de négociation dépendante du temps [**53**] en terme de gain (de prix), du gain temps de négociation, et d'amélioration du pourcentage d'accord.

Chapitre 6: Conclusion

Nos travaux de recherche se placent dans le cadre des stratégies de négociation. Notre objectif est de fournir une stratégie générique permettant d'améliorer les critères de performance du processus et de(s) resultat(s) d'une négociation automatisée bilatérale.

Dans cette perspective où deux agents autonomes d'intérêts conflictuels cherchent à trouver des solutions garantissant leurs objectifs de conception, des techniques intelligentes de prise de décision sont mises en place. Ces techniques présentent des outils d'analyse des décisions efficaces favorisant la création d'un espace d'entente potentiel entre les deux parties.

Les travaux existants portent sur la création des agents autonomes dans un espace « cybermarché » dont la mission est de cibler les sites web marchants où se trouvent les produits les moins chers (pour des agents acheteurs) pour les acquérir au moindre prix. [**58**]

Cette notion est développée pour donner lieu à un espace réel d'échanges de produits, d'argent, services, etc., où les agents autonomes rivaux cherchent à trouver des solutions faisables assurant des gains réciproques de leurs concepteurs citons par exemple le projet Kasbah [**59**], où des utilisateurs créent des agents pour négocier la vente et l'achat de biens pour leur comptes sur Internet tout en spécifiant les prix désirés et les délais de négociation souhaités. L'accord final sur la transaction physique n'est établit que si ces critères sont satisfaits.

Bien que ces travaux ont trouvé des succès au sens de réalisation des gains souhaités, ils n'ont pas échappé au problème de rupture de l'espace d'entente entre les deux parties et au non aboutissement à un accord final

Dès lors d'autres travaux viennent améliorer les traits de performance des processus de négociation automatisée au sens de l'augmentation du taux d'accord des cas de négociation en se basant principalement sur le partage des gains entre les deux parties. Exemple de travaux nous citons les travaux de Binmore [**60**] qui supposent la rationalité des acteurs dans leurs prises de décisions par l'identification des solutions équitables pour les deux parties, situations où aucune partie ne peut améliorer sa position sans détériorer celle de l'autre. L'inconvénient de ces travaux, bien qu'ils garantissent un accord final, est qu'ils ne favorisent pas un gain final souhaitable.

L'objectif de nos travaux de thèse porte sur l'amélioration des critères de performance du processus de négociation au sens du gain final réalisé, du temps dépensé en négociation, et du taux d'accord.

Il s'agit de modéliser et de simuler des comportements complexes d'un agent autonome survenant lors d'un processus de négociation automatisée en faisant appel aux techniques de l'Intelligence Artificielle impliquant la logique floue et le système d'agent, ainsi que les techniques de prise de décisions et de la théorie des Jeux apportant des solutions aux problèmes de stratégie, de coopération, et de compétition.

Ces comportements sont nés à partir d'une architecture hybride intégrant un ensemble de systèmes d'aide à la décision interactifs. Le modèle construit un outil puissant d'étude et de simulation de comportement de négociation assisté par ordinateur pour la construction des mécanismes complexes coopératifs et compétitifs régissantes.

Dans une telle architecture, un agent devra être capable d'apprendre des comportements de négociation (de coopération, de compétition, ou de neutralité) lui permettant de s'adapter intelligemment aux éventuels changements de l'environnement (relativement aux comportements d'un agent adversaire) afin d'atteindre sont but. Comme il doit adopter une stratégie rationnelle conquérante prenant en considération la réalisation de ses intérêts personnels ainsi que celles de son partenaire en appliquant les principes de la stratégie des jeux.

Ces considérations nous ont amené à déceler trois approches indépendantes complémentaires portant des solutions distinctes au processus de négociation automatisée:

- L'approche basée sur la personnalité (au sens du tempérament de l'agent) : cette approche est basée sur l'influence de l'évolution des traits de caractère de l'agent en tant que conciliateur, neutre, ou agressif sur sa prise de décision. Elle tient en compte les intérêts personnels de l'agent, tel que maximiser les fonctions des gains, indépendamment de l'adversaire.

  Pour apporter une solution au problème de mesure des valeurs incertaines des caractères internes de l'agent ainsi que de son comportement au cours du processus de négociation nous avons choisi de mettre en œuvre des approches d'évaluation basées sur la logique

floue.

A partir d'une base de règles d'inférence floue, cette technique nous a permis d'approximer :

- En premier lieu les nouveaux caractères (agressif et conciliateur) de l'agent suite à la proposition courante de l'adversaire
- Ensuite le caractère dominant (plus agressif ou plus conciliateur) reflétant son comportement.
- Enfin la variation du prix à contre-proposer à partir du caractère dominant, de l'offre courant de l'adversaire, du gain réalisé, et du dernier prix proposé.

- L'approche basée sur la rationalité: elle est basée sur le principe du partage des gains d'une manière équitable entre les deux parties afin de garantir un accord réciproque « gagnant-gagnant ». Elle tient compte des intérêts de l'adversaire à chaque prise de décision, afin d'assurer un accord final entre les deux parties.

  Pour trouver une solution au problème de rupture d'entente entre les deux rivaux nous avons adopté la théorie des jeux. Cette technique nous a permis de dévoiler l'ensemble de solutions faisables satisfaisant les préférences des adversaires.

  Dans cette perspective, le processus de négociation est modélisé comme un jeu séquentiel bilatéral dont chaque nœud (différent des feuilles) est une prise de décision sur une proposition d'offre ou une contre-proposition.

  Etant donné l'information incomplète sur la stratégie de l'adversaire, nous avons subdivisé, dans une première étape, la totalité du jeu en un ensemble consécutif de sous-jeux dont le nœud racine est une prise de décision sur une proposition (ou une contre-proposition). L'avantage de cette subdivision est d'avoir une information complète sur la dernière offre de l'adversaire, autrement dit de ses préférences, à chaque nœud de prise de décision.

Dans une deuxième étape, nous avons cherché à l'intérieur de chaque sous-jeu la prochaine offre d'équilibre de l'agent rationnel qui satisfait les objectifs réciproques des deux joueurs en nous basant sur la théorie de Nash. Cette offre doit tenir en compte des critères de préférence de l'agent rationnel.

L'étude empirique entre des stratégies rationnelles en négociation contre des stratégies dépendantes du temps a montré une réussite totale des cas de négociations et un temps minimal de négociation mais en contre partie un gain sous-estimé de l'agent rationnel par rapport à l'agent de stratégie dépendante du temps.

- L'approche de combinaison, basée sur les deux approches précédentes, dite Perso-Rationnelle : elle combine les issues de l'approche basée sur la rationalité et de l'approche basée sur la personnalité. L'objectif de l'approche PersoRationnelle est de conduire un processus réussi de négociation compétitive garantissant un gain mutuel avec l'adversaire. Aux termes de critères de performance du processus de négociation, cette approche veille à maximiser les utilités des joueurs, minimiser le temps de négociation et augmenter le taux de réussite des cas de négociation.
  Afin d'évaluer l'apport de cette approche sur la prise de décision finale nous avons utilisé la technique de la logique floue dont le rôle était de contrôler la fusion des deux sorties issues respectivement des systèmes de raisonnement rationnel et tempéramental.

  Une étude empirique entre des stratégies Perso-Rationnelles en négociation contre des stratégies dépendantes du temps a montré une supériorité des gains des agents Perso-Rationnel par rapport aux agents de stratégies dépendantes du temps, un temps moyen de négociation (ne dépassant pas le 26 tours de offre-contreOffre), et un taux de réussite autour de 35% de la totalité des cas de négociations.
  L'approche PersoRationnelle a permis de créer un système complexe de négociation puissant combattant un système classique dépendant du temps [**61**].

Ainsi la combinaison de ces trois approches, cœur de notre apport scientifique, nous a permis de réaliser un modèle générique d'agent intelligent négociateur doté d'un raisonnement à la fois psychologique et rationnel.

Les principales qualités du modèle proposé sont l'adaptation intélligente aux changements de l'environnement par la mutation flexible du comportement, la prédiction des stratégies de l'adversaire afin de créer un intervalle d'entente avec lui, et l'automatisation de génération d'offres et de contre-offres selon la situation rencontrée.

Notre perspective est de réaliser deux architecteurs différentes de systèmes multi-agents négociateurs sur des objets multi-attributs :

- Le premier type d'architecture est destiné à une négociation compétitive entre des agents d'intérêts conflictuels essayant de maximiser leurs utilités locales.

- Le deuxième type est destiné à une négociation coopérative où les agents tendent ensemble à maximiser leur utilité globale.

Notre modèle est innovant et beaucoup de travail reste à faire. Toutefois, à cause de sa nature universelle, de ses applications potentielles, et de ses perspectives, nous sommes confiants en son avenir.

Annexes

Annexe 1: Modélisation de l'agent intelligent pour le processus de la négociation automatisée

I. Introduction:

La négociation automatisée repose sur l'interaction entre des entités intelligentes reparties dans des environnements différents dont le but est d'arriver à un compromis tout en accomplissant des buts définis à leurs conceptions. Ces agents, égocentrés et compétitifs, ayant des buts, des désirs, et des préférences, etc., doivent coordonner leurs actions et avoir des mécanismes de recherche dynamique de solutions pour la résolution des conflits entre eux.

Dans ce chapitre nous allons présenter les principales définitions et travaux portant sur l'agent intelligent en particulier l'agent négociateur tels que l'agent cognitif et l'agent cognitif social, nous allons ensuite aborder l'application particulière de cet outil dans la négociation automatisée, et enfin nous allons terminer par une conclusion générale portant sur les avantages d'application de ce concept.

II. L'agent intelligent:

Depuis plus de quatre décennies, des chercheurs en intelligence artificielle ont entrepris la conception d'entités capables de raisonner de manière autonome et intelligente [**62**] dont le but initial est de remplacer et d'assister l'homme à réaliser ses tâches usuelles d'une manière automatisée à travers un processus d'apprentissage. Par exemple Eliza [**63**], est un agent intelligent de conversation conçu en 1966 par le professeur J. Weizenbaum (au Massachusetts Institute of Technology) dont le rôle est d'étudier le langage naturel de communication entre l'homme et la machine.

Plusieurs définitions d'un agent intelligent ont été proposées :

 Shoham [**64**] définit un agent intelligent comme une entité logicielle qui fonctionne

continuellement et de manière autonome afin d'accomplir des activités de façon flexible et intelligente.

- Jennings [**65**] définit un agent intelligent comme une entité autonome connectée à son environnement par ses perceptions et ses actions. Cette entité est capable d'apprendre et d'enrichir ses connaissances à partir de son expérience afin d'adapter son comportement avec les changements extérieurs.

- Ferber [**66**] spécifie qu'un agent intelligent orienté objectif est défini comme un centre de décision autonome dont l'existence est comparable à celle d'un être vivant. Pour répondre aux exigences d'une telle approche, ce type d'agent est doté d'une base de connaissances, d'émotions et d'une capacité de raisonnement.

D'une manière générale, les agents intelligents représentent une famille relativement large d'applications logicielles présentes dans les ordinateurs et les réseaux afin d'assister les utilisateurs dans la réalisation de certaines tâches à distance.

Usuellement ils sont servis pour faciliter la collecte d'information repartie et pour prendre des décisions au cours des processus de négociation entre des consommateurs et des vendeurs distants. Ils jouent un rôle particulier pour l'analyse et le filtrage d`informations commerciales: évaluation des opportunités du marché, évaluation du bien à négocier, évaluation de différentes offres commerciales, etc.

III. L'agent intelligent négociateur :

Les agents intelligents négociateurs ont été développés pour étudier l'automatisation des achats et des ventes des produits distants à partir des lieux différents. Chaque agent (consommateur/fournisseur), motivé par le but à accomplir, reçoit des messages des autres agents, interprète le contenu et fournit une réaction adéquate en se référant à ses croyances et ses intentions.
Généralement cet agent peut être défini comme réactif, proactif, cognitif ou social d'après son rôle dans son environnement [**67**] [**68**]:

1. L’agent réactif

L'agent réactif agit en fonction de son environnement en s’adaptant dynamiquement à ses changements.

Il reçoit des perceptions de son environnement par le biais de ses senseurs (physiques ou logiciels) et agit en retour sur son environnement par le biais de ses effecteurs).Son comportement est basé sur les stimuli réponses (voir Figure 59).



Figure 59: L’agent réactif

2. L’agent proactif

L’agent proactif est caractérisé par un comportement orienté objectif visant la réalisation de ses buts de conception.

Etant donné un but et des actions possibles permises, il est capable de déterminer, à une situation donnée, quelles actions il convient de faire pour atteindre son objectif.

3. L'agent cognitif

Caractérisé par un comportement "réfléchi ", c’est-à-dire résultant d’un choix parmi un ensemble d’actions possibles, ce choix étant le résultat d’un raisonnement et d’une prise de décision.

Etant donné un but et un état, un agent cognitif (voir Figure 60) exécute une séquence planifiée d'actions, à partir de sa perception de son environnement, conduisant à la réalisation d’un objectif spécifié au départ [**69**].

Ce type d'agent a l'aptitude de raisonner dans un environnement dynamique, de mémoriser et

d'analyser les différents états, de prédire des réactions possibles à ses exploits, et d'apprendre le comportement futur.

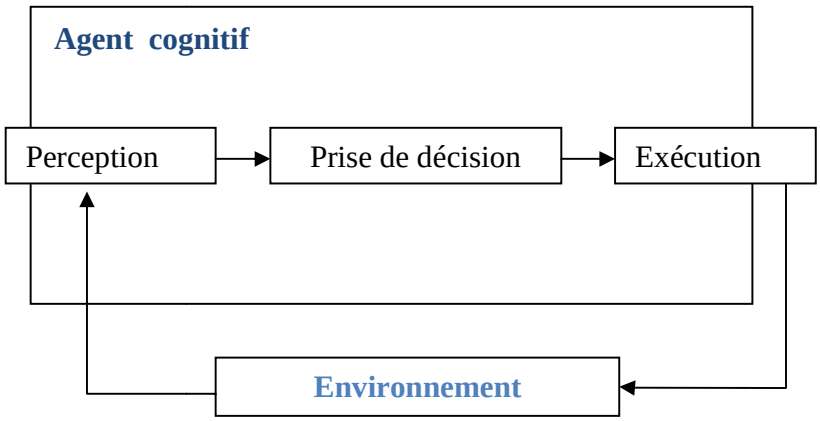


Figure 60: Modélisation de l'agent cognitif

Le processus cyclique de négociation automatisée de l'agent cognitif intègre une fonction de « Prise de Décision » entre sa « Perception » des stimuli de son l'environnement et l' « Exécution » des réactions correspondantes, afin de choisir l'action la plus appropriée.

L'agent cognitif est essentiellement composé de (voir Figure 61):

- Une base de connaissances (ensemble de données et de règles du monde réel),
- Un ensemble de Croyances, Désires et Intention (CDI),
- Un ensemble de mécanismes de raisonnement, d'apprentissage et de stratégies de décision.

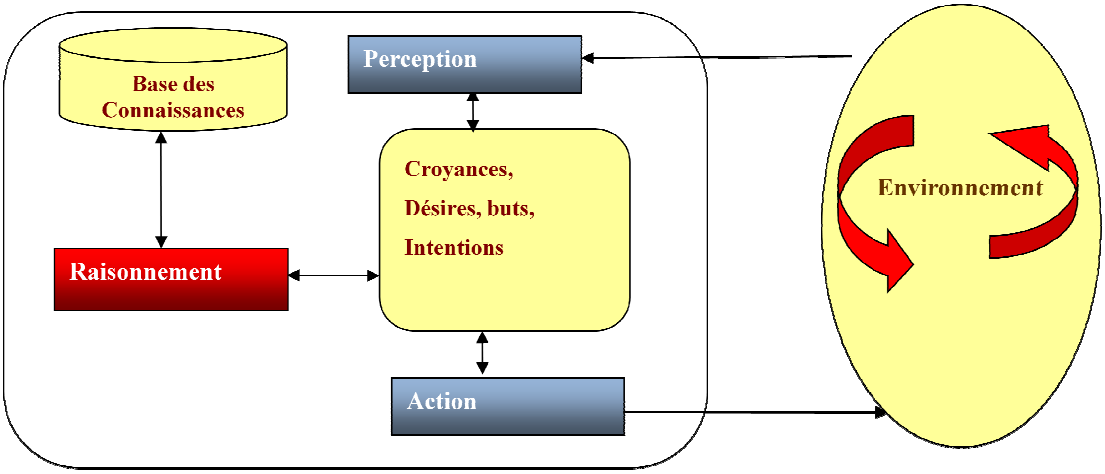


Figure 61: Simulation du processus de négociation par un agent cognitif

La base des connaissances est assimilé à une base des règles d'un système expert qui renferme des données (exprimées en langage naturel) et des règles reflétant des comportements possibles dans des situations diverses.

Cette approche est fondée sur des données valables et complètes, une rationalité parfaite de l'agent (choix des règles les plus adéquates aux situations traitées), et une indépendance entre les différentes règles de la base des connaissances.

4. L'agent cognitif social

L'agent cognitif met à jour ses connaissances à partir de son interaction avec les autres agents, donc il a besoin des protocoles de communication et un comportement dynamique à différentes attitudes des autres agents en interaction.

Le caractère «psychologique» ou trait de personnalité est le composant de l'agent social qui reflète son habilité dans la société artificielle.

L'agent cognitif social est distingué par son trait de personnalité et d'influence sur les autres (d'intérêts partagés) qui lui permet d'accomplir son but.

La base de la connaissance de l'agent cognitive sociale est composée de trois couches hiérarchiques [**70**]:

- Modèle mondial: buts, désirs, et croyances
- Modèle mental: états de l'agent des contrôles et comportements
- Modèle social: réagit réciproquement avec les autres agents

Comme le montre la Figure 62, l'agent cognitif social est présenté par trois couches superposées dont la sortie de l'une fournit une entrée pour la couche suivante. Ceci dit chaque couche de ce modèle possède un ensemble de fonctions qui dirigent les données, activent les buts correspondantes, et planifient les tâches à exécuter par la couche au niveau supérieurs.

Nous remarquons aussi, en plus de l'aspect cognitif de l'agent cognitif social, la présence de l'aspect comportemental qui dirige ses interactions avec son environnement.

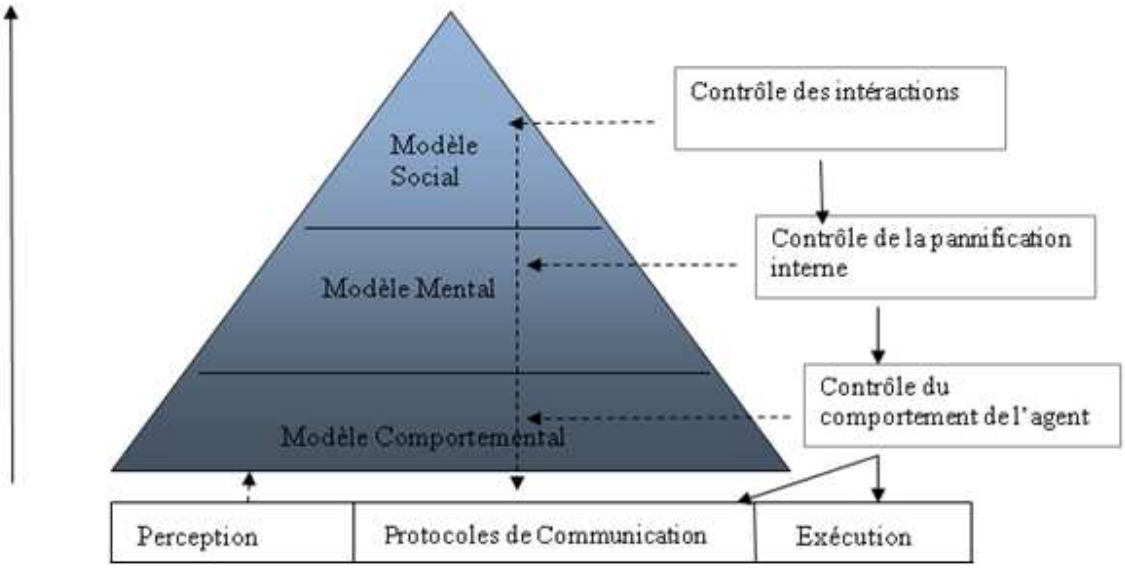


Figure 62: Modélisation de l'agent cognitif social

El-Nasr [**71**] a proposé le modèle FLAMME mettant en relief l'influence des émotions de l'agent dans le traitement de l'information et la prise de décision.

Ce modèle est composé de trois éléments basics:

- modèle «psychologique» social,
- modèle mental,
- et modèle de la prise de décision.

Cette approche est basée sur un ensemble de règles déterminant l'émotion à déclencher (satisfaction/ insatisfaction) suite à un évènement discerné. L'intensité de l'émotion dépend de l'intensité du but impliqué par l'événement. Cependant la notion d'incertitude de l'événement entrant est absente.

Dans plusieurs modèles, exemple le modèle PETEEI [**71**] et le modèle EMA [**72**], les émotions sont activées à partir de la valeur du caractère désirable d'un événement externe provoqué et sa probabilité d'accomplir le but implicite voulu. Cette valeur est estimée à partir des règles de la logique floue.

D'une manière générale, ces modèles servent à déterminer quelle émotion à déclencher dans quelle situation sans tenir compte des caractères internes de l'agent ni de l'historique de ses transactions.

IV. Application de l'agent intelligent dans la négociation automatisée

Le rôle de l'agent intelligent est d'automatiser le processus de la négociation automatisée sans l'intervention humaine. Dans le cas d'une négociation d'une offre d'un bien, exemple Figure 63, l'agent intelligent (négociateur) doit évaluer les différentes propositions et donner des contre-propositions qui mènent à réaliser son but souhaité. Cette évaluation est basée principalement sur une stratégie de négociation dont les composants sont l'ensemble des préférences de l'agent négociateur, les objectifs à réaliser et la fonction de calcul de l'objet de négociation.

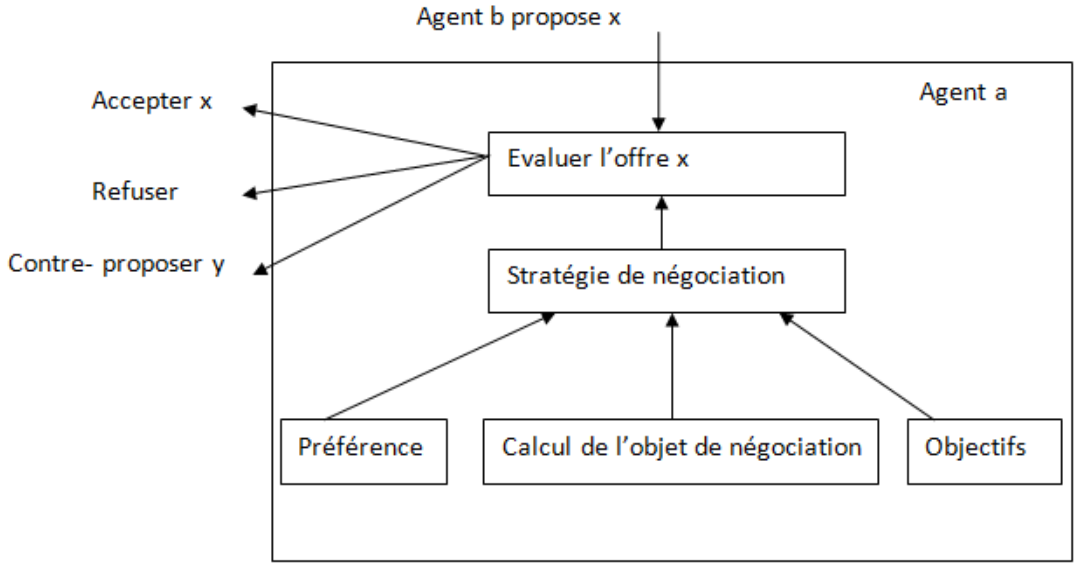


Figure 63: Processus de prise de décision au cours d'une négociation automatisée

Ceci dit l'agent négociateur doit se servir d'un modèle de prise de décision afin d'offrir sa contre-proposition la plus adéquate, comme la prise en compte des négociations passées dans sa prise de décision à chaque nouvelle future proposition.

Il existe plusieurs exemples d'agents intelligents appliqués dans la négociation automatisée, nous citons par exemple:

- eMediator [**73**] : serveur basée sur la théorie des jeux permettant d'améliorer la performance de la commerce électronique.
- Auction-*Bot* [**74**] *:* serveur dédié aux enchères permettant d'automatiser les enchères en ligne.

V. Conclusion

L'apport des agents intelligents dans la négociation électronique est de rationnaliser les échanges d'information et de garantir l'affranchissement de leurs objectifs prédéfinis en se basant sur des modèles de prise de décision adaptés. Les agents intelligents ont prouvé leur efficacité dans les négociations en ligne, non seulement en remplaçant l'homme dans ses transactions distantes, mais aussi en s'adaptant aux changements de l'environnement et aux événements imprévus.

Annexe 2: La Logique Floue pour la représentation des connaissances

I. Introduction

Ce chapitre présente les fondements de la représentation des connaissances par les systèmes d'inférence flous.

Cette technique a vécu des évolutions d'applications à travers l'histoire, commençant par l'invention des notions de bases de la logique floue en 1965 par le professeur d'automatique de l'Université de Californie à Berkeley, Lotfi Zadeh jus qu'a l'intégration de cette technique dans la majorité des domaines d'application de l'intelligence artificielle tels que l'industrie, la medecine, la commerce electronique, etc.

Ces évolutions peuvent être synthétisées par les références suivantes:

- 1965: Concept introduit par Pr. Lotfi Zadeh (Berkeley) « Fuzzy set theory » renfermant la définition des ensembles flous et des opérateurs associés.
- 1970: Premières applications (systèmes experts, systèmes d'aide à la décision en médecine, commerce)
- 1974: Première application industrielle (Régulation floue d'une chaudière à vapeur réalisée par Mamdani.)
- 1985: Les japonais introduisent des produits grand public « Fuzzy Logic Inside ».
- A partir de 1990 (la maturité): Généralisation de l'utilisation de cette technique. Intégration de la logique floue dans des domaines divers:
    - appareils électroménagers (lave-linge, aspirateurs, autocuiseurs, etc),

- systèmes audio-visuels (appareils de photos autofocus, caméscope à stabilisateur d'images, photocopieurs,...)
- systèmes automobiles embarqués (BVA, ABS, suspension, climatisation,...etc.),
- systèmes autonomes mobiles,
- systèmes de décision, diagnostic, reconnaissance,
- systèmes de contrôle/commande dans la plupart des domaines industriels de production.
- Création des processeurs dédiés et des interfaces de développement spécifiques (Cf 68HC12 de Motorola).Ex: la famille des processeurs WARP (Weight Associative Rule Processor) de SGS-THOMSON.

La première définition de la logique floue proposée par Zadeh [**75**] repose sur un outil intelligent capable de modéliser le langage naturel humain et de rendre compte du caractère vague des connaissances incertaines. Son utilisation dans les systèmes experts, sous la forme de règles de raisonnement floues a été introduite par Mamdani [**76**]. Elle apprécie les variables d'entrées et de sorties de façon approximative et édicte un ensemble de règles permettant de déterminer les sorties en fonction des entrées.

La prise de décision en logique floue est principalement basée sur la notion d'expertise, qui permet de quantifier le flou à partir des connaissances acquises antérieurement en se référant à une base des règles de la forme : SI… ALORS... (Inférence floue).

Son caractère pragmatique (plutôt que déterministe) lui a donné l'avantage d'être appliquée dans divers domaines:

- Systèmes d'aide à la décision, et aux diagnostics (domaine médical, orientation professionnelle)
- Base de données (objets flous et \ ou requêtes floues)
- Reconnaissance de forme.

- Agrégation multicritère et optimisation

- Commande floue de systèmes

Dans la suite de ce chapitre nous allons introduire les concepts de base de la logique floue, ensuite le modèle d'inférence flou, et enfin conclure par une synthèse.

II. Les concepts de base de la logique floue

La logique floue s'appuie sur la définition d'un ensemble d'éléments fondamentaux tels que la théorie mathématique des ensembles flous, les variables linguistiques, les règles d'inférence, et les opérateurs logiques flous définies comme suit [**77**]:

❖ Ensembles flous:

Présente une extension de la théorie des ensembles classiques pour renfermer des ensembles définis de façons imprécise. Les ensembles flous sont caractérisés par des limites indéterminées et par des fonctions d'appartenance graduelles des variables linguistiques.

Soit μ_A la fonction d'appartenance de l'ensemble flou A définie par

$A: \forall x \in U, u_A(x) \in [0;1]$; avec x est une variable linguistique appartenant à l'univers U.

❖ Variables linguistiques :

La logique floue est fondée sur des variables floues dites variables linguistiques à valeurs inexactes faisant parti d'un univers du discours appelé U. Elles sont généralement utilisées lors de la description d'une situation, d'un phénomène, on des procédés tels que : la température, l'âge, la vitesse, etc.

❖ Règles d'inférences :

Les valeurs des variables linguistiques sont liées entre elles par des règles déduisant des conclusions ou des conséquences appelées règles de déductions floues ou règles d'inférences.

Nous distinguons deux types de règles d'inférences :

1. Inférence avec une seule règle: une seule règle est actionnée en sortie.
2. Inférence avec plusieurs règles : plusieurs règles sont actionnées en sortie.

❖ Opérateurs logiques flous :

Ils Présentent une extension des opérations de la théorie des ensembles classiques tels que : =, ∪, ∩, ⊂, et le complément.

Les plus utilisés sont:

- La réunion:

$$u_{(A\cup B)}(x) = \max\left(u_A(x), u_B(x)\right) \ \forall x \in U$$

- L'intersection:

$$u_{(A\cap B)}(x) = \min\left(u_A(x), u_B(x)\right) \ \forall x \in U$$

- Le complément:

$$u_{(\bar{}A)}(x) = 1 - u_A(x) \ \forall x \in U$$

❖ Exemple de modélisation floue: Etude de la température

Comme présenté par la Figure 64, la logique floue est utilisée pour approximer la variable linguistique «Température » par des degrés d'appartenance aux ensembles flous {Froid, Tempéré, Chaud}.

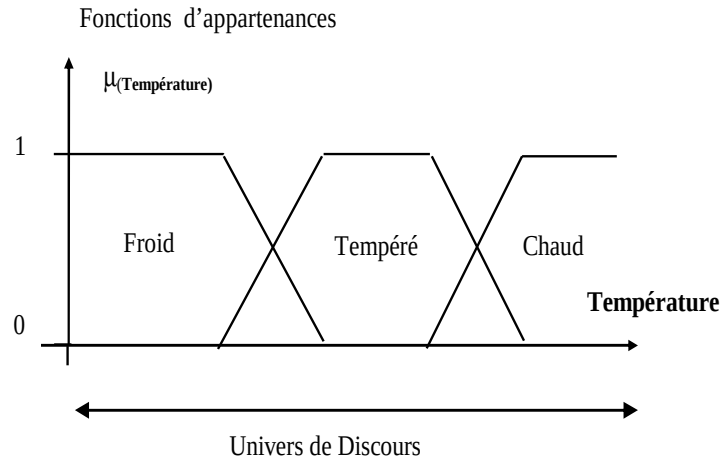


Figure 64 : Exemple de modélisation floue: Etude de la température

Le domaine de définition de cet exemple est déterminer par :

- Univers du discours : Gamme de température de 0° C $\overset{à}{\longrightarrow}$ 200°C.
- Variable linguistique : La température.
- Valeurs linguistiques : « Froid », « Tempéré », et « Chaud ».
- Fonctions d'appartenance : $\left\{ \begin{matrix} \mu_{(Température)}(Froid) \in [0\ 1] \\ \mu_{(Température)}(Tempéré) \in [0\ 1] \\ \mu_{(Température)}(Chaud) \in [0\ 1] \end{matrix} \right\}$

III. Le Modèle d'inférence floue

Le modèle d'inférence floue décrit les principales étapes de procéder les variables linguistiques floues pour une prise de décision finale pragmatique.

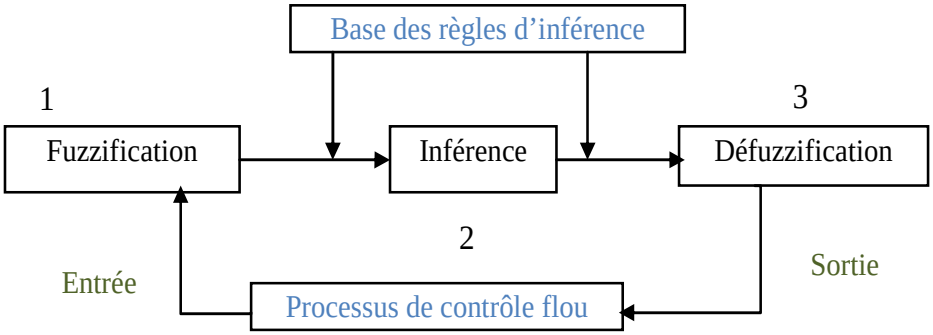


Figure 65: Modèle d'inférence floue

Comme présenté dans la Figure 65 le modèle d'inférence flou est basé sur les phases consécutives suivantes [**78**] [**79**]:

1. Fuzzification

Cette phase détermine les fonctions d'appartenance graduelles des variables linguistiques d'entrée pour fournir comme sortie des variables floues.

La fuzzification, ainsi présentée par la Figure 66, consiste à une quantification floue des valeurs réelles d'une variable: il s'agit d'attribuer à chaque variable des degrés d'appartenance aux différents ensembles flous.



Figure 66: La phase de Fuzzification

La fuzzification repose essentiellement sur:

- L'univers du discours : la plage de variations possibles de l'entrée considérée.
- La partition de l'ensemble floue de cet univers en classes définies.
- L'attribution des fonctions d'appartenance à chacune de ces classes.

2. Création des règles d'inférences

Les systèmes à logique floue utilisent une expertise exprimée sous la forme d'une base de règles de type: **SI…..ALORS**

Il s'agit de donner les règles qui lient les données aux actions. Les données en entrée forme la(les) prémisse(s) et celles en sortie forme la(les) conclusion(s).

Par exemple :

SI (X est A) ALORS (Y est B)

- La variable floue X appartient à la classe floue A avec un degré de validité m(x0)
- La variable floue Y appartient à la classe floue B à un degré qui dépend du degré de validité m(x0) de la prémisse
- Plus la condition sur les entrées est vraie. Plus l'action préconisée pour les sorties doit être respectée
- La conclusion d'une règle floue est l'appartenance d'une variable floue de sortie à une classe floue.

Cette appartenance dépend de :

- la classe floue de sortie considérée.
- du degré de validité de la prémisse m(x0).

- de la méthode d'implication choisie.

❖ Les méthodes d'implication floues

2 méthodes principales d'implication floue:

1) *Méthode de Mamdani :*

$$u'_{conclusion}(y) = \underset{y}{MIN}(u_{premisse}(x_0), u_{conclusion}(y))$$

2) *Méthode de larsen :*

$$u'_{conclusion}(y) = u_{premisse}(x_0) \times u_{conclusion}(y)$$

❖ Activation des règles :

$$R1 : \text{Si } (X_1 \text{ est } A_{11}) \text{ et Si } (X_2 \text{ est } A_{12}) \text{ alors } Y \text{ est } B_1$$
$$R2 : \text{Si } (X_1 \text{ est } A_{21}) \text{ et Si } (X_2 \text{ est } A_{22}) \text{ alors } Y \text{ est } B_2$$
$$R1 : \text{Si } (X_1 \text{ est } A_{31}) \text{ et Si } (X_2 \text{ est } A_{32}) \text{ alors } Y \text{ est } B_3$$
....

- Une règle est activée dès qu'elle a une prémisse ayant une valeur de vérité non nulle.
- Plusieurs règles peuvent être activées simultanément et préconiser des actions avec différents degrés de validités; ces actions peuvent être contradictoires.

Il convient d'agréger les règles pour fournir une appartenance de la variable floue de sortie à une classe floue consolidée.

❖ Composition des règles :

On considère que les règles sont liées par un opérateur OU.

$$u_B(y) = MAX\,[u_{Bi}(y)]\, i \in \{\, indices \quad des \;\; règles \;\; activées \,\}$$

$u_B(y)$: La fonction d'appartenance d'un ensemble flou qui caractérise le résultat final d'activation des différentes règles. Il faut défuzzifier pour donner la valeur recherchée de sortie.

3. Défuzzification :

La défuzzification associe à l'ensemble flou de sortie un nombre physique réel interprétable par l'utilisateur. Le principe de la méthode de Mamdani [**80**] est illustré par la figure suivante (Figure 67):

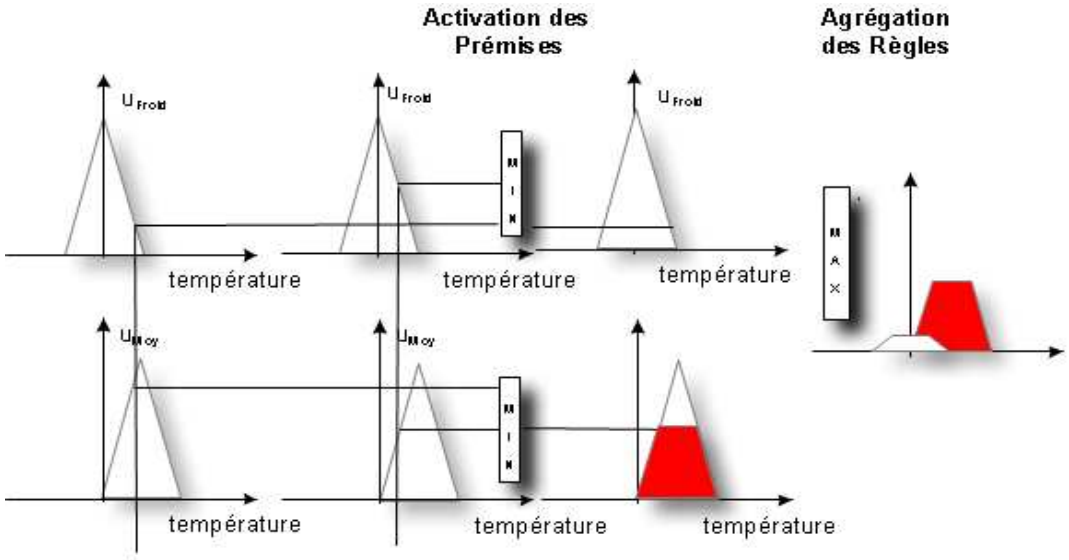


Figure 67: Exemple de défuzzification de type Mamdani : modélisation floue de la température

Deux principales méthodes de défuzzification [81]:

1) La Méthode du centre de gravité (COG):

Cette méthode détermine l'abscisse du centre de gravité de la surface de la courbe résultat. En commande floue, la défuzzification COG est presque toujours utilisée.

Elle prend en compte l'influence de l'ensemble des valeurs proposées par la solution floue.

$$sortie = \frac{\int_U y.u(y).dy}{\int_U u(y).dy} \quad U \text{ est l'univers du discours}$$

2) Méthode moyenne des maximums (MM):

La défuzzification MM est plutôt utilisée lorsqu'il s'agit de discriminer une valeur de sortie (exemple : la reconnaissance de formes).

$$sortie = \frac{\int_S y.dy}{\int_U dy} \quad S = \left\{ y_0 \in U \ / \ u(y_0) = \sup_{y \in U}(u(y_0)) \right\}$$

IV. Conclusion

A des situations de prise de décision imprécises et des données indéterminées, la logique floue permet la description de l'incertain et la prestation de résultats physiques interprétables par l'être humain.

Elle permet d'appréhender des problèmes mathématiques complexes de façon simple et intuitive pour donner des solutions plutôt pragmatiques que déterministes.

Annexe 3: Stratégie des jeux pour l'analyse de la négociation automatisée

I. Introduction

La théorie des jeux a d'abord été développée par Von Neumann et Morgenstern à la fin des années 40s. Dans les années 50s Nash a présenté l'idée de son point d'équilibre qui maximise le gain d'un individu étant donné le(s) choix de son (ses) adversaire(s). Le modèle dynamique (basé sur le dilemme du prisonnier), a été développé par Axelrod [**82**]. Ce dernier s'est interrogé sur l'émergence de la coopération, et son maintien, dans le cadre du modèle précédent ou chaque individu va chercher à maximiser son résultat.

La théorie des jeux est une discipline mathématique qui étudie les situations où le gain de chaque partie de la négociation dépend non seulement des décisions qu'elle prend mais également des décisions des autres parties. Le choix « optimal » pour chacune dépend généralement de ce que font les autres. [**83**] [**84**]

Par exemple, on peut voir les marchés comme des jeux où les participants sont des vendeurs et des acheteurs.
Elle permet donc une analyse formelle des problèmes posés par l'interaction stratégique d'un groupe d'agents rationnels poursuivant des buts qui leur sont propres. [**85**] [**86**]

II. Présentation de la forme stratégique d'un jeu

Un jeu stratégique est défini par le triplet < A,S,u > où :

- A est un ensemble de n joueurs (ou agents), assimilé à l'intervalle $[1..n] \in N$: On suppose que les joueurs sont en nombre fini. Un joueur quelconque est désigné par l'indice i.

- Pour chaque joueur i un ensemble de stratégies Si = {S1, .., Si, .., Sn} : Si désigne toutes les stratégies disponibles pour le joueur i.

- $s = (s^1, \ldots, s^i, \ldots, s^n) \in S^1 \times ... \times S^i \times \ldots \times S^n \equiv S$ est une issue du jeu, c'est-à-dire une combinaison de stratégies à raison d'une stratégie par joueur. On désigne par $s^{-i} \in S^{-i}$ toutes les stratégies choisies sauf celle du joueur i.

Pour chaque joueur i une fonction d'évaluation de gain qui à chaque ensemble de stratégies associe les gains du joueur i. La fonction de gain du joueur i dépend non seulement de sa stratégie s^i mais aussi de celles des autres joueurs résumés dans s^{i-1} . Ceci dit, le joueur i préfère strictement l'issue s à l'issue s' ssi $u_i(s) > u_i(s')$. Si $u_i(s) = u_i(s')$ le joueur est indifférent (neutre).

D'après cette définition on peut qualifier la théorie des Jeux par une théorie de la décision rationnelle d'agents stratégiquement interdépendants, c'est-à-dire qui s'influencent les uns les autres et qui ont conscience de ces influences réciproques [**87**]

La théorie des jeux comprend :

- La théorie de la décision statique en information complète

- La théorie de la décision interactive (dynamique) en information complète

- La théorie de la décision statique en information incomplète

- La théorie de la décision interactive (dynamique) en information incomplète

III. La théorie des jeux statiques en information complète

On dit qu'un jeu est statique (one-shot game) lorsque les joueurs choisissent simultanément leurs actions et reçoivent ensuite leurs gains respectifs. Parmi les jeux statiques, on discerne les jeux finis à deux joueurs présentés sous la forme de matrice dans lesquelles le premier joueur joue verticalement et le second joue horizontalement : on parle dans ce cas de jeux matriciels

(exemple le jeu du dilemme du prisonnier) [**88**]

1. Forme stratégique (normale ou matrice des payoff) des jeux

Un jeu sous forme normale [**89**] est la donnée de l'ensemble des joueurs, de l'ensemble des stratégies pour chaque joueur et des paiements associés à toute combinaison possible de stratégies. Les joueurs décident simultanément de leur stratégie.

❖ **Exemple le jeu du dilemme du prisonnier** [**90**]

Deux suspects sont interrogés séparément par la police pour un acte criminel sérieux.
La police propose à chaque accusé d'avouer, dans quel cas il sera libéré. S'il n'avoue pas mais l'autre le fait, il reçoit une peine de prison de 10 ans. Si les deux accusés avouent, ils peuvent espérer bénéficier de circonstances atténuantes et écoper d'une peine de 5 ans chacun. Enfin, si aucun des deux n'avoue, ils seront condamnés pour des délits mineurs à 1 an de prison.

	avoue	N'avoue pas
Avoue	(–5,–5)	(0,–10)
N'avoue pas	(–10,0)	(–1,–1)

Tableau 4: Tables des play-offs du dilemme de prisonnier

La question qui se pose à partir du Tableau 4 est : quelle stratégie choisir ?

❖ **Stratégie dominante**

On remarque qu'Avouer est une stratégie dominante pour les deux avisés.

Dans un jeu en forme stratégique, on dit qu'une stratégie $s^{i^*} \in S^i$ est dominante pour le joueur i si, quel que soit $s^i \in S^i$ et $s^i \neq s^{i^*}$, si les inégalités sont satisfaites $u_i(s^{i^*}, s_{-i}) \geq u_i(s^i, s_{-i})$ pour tout $s_{-i} \in S^{-i}$.

Si dans un jeu donné tous les joueurs disposent d'une stratégie dominante et qu'ils choisissent effectivement cette stratégie, le résultat du jeu est appelé équilibre en stratégies dominantes. Dans le dilemme du prisonnier, le couple (Avouer, Avouer) est un équilibre en stratégies dominantes.

2. Equilibre de Nash (1951)

Nash suggère que s'il n'y a pas de stratégies dominantes/dominées on a recours à rechercher un (des) point(s) d'équilibre(s) [**91**] qui satisfai(en)t les intérêts des joueurs.

Le concept d'équilibre donne pour chaque jeu une prédiction sur l'issue de ce jeu. La condition de l'état d'équilibre est que les joueurs, qui s'y trouvent, n'ont aucun intérêt à en dévier unilatéralement [**92**].

L'équilibre de Nash (EN) est une issue de tactique dont aucun joueur n'a envie de dévier unilatéralement, étant donné les stratégies jouées par les autres joueurs. [**93**]

Une issue $S^* = \left(s_1^*,...,s_n^*\right)\left(s_i^* \in S_i, i = 1...n\right)$ est un équilibre de Nash si aucun joueur n'a intérêt à dévier unilatéralement de sa stratégie s_i^* quand les autres joueurs continuent à jouer l'issue s_{-i}^* .

Par conséquent l'inégalité suivante doit être vérifiée: $u_i\left(s_i^*, s_{-i}^*\right) \geq \left(s_i, s_{-i}\right), \forall s_i \in S_i, \forall i = 1...n$

S^* est un équilibre de Nash strict si : $u_i\left(s_i^*, s_{-i}^*\right) \geq \left(s_i, s_{-i}^*\right), \forall s_i \in S_i, \forall i = 1...n$

3. Stratégies mixtes

Ce type de stratégies est fondé sur la notion du jeu au hasard par l'affectation d'une probabilité aux différentes actions de l'adversaire, et d'opter pour la meilleure réponse adaptée. Au lieu de décider fermement d'une action, chaque joueur va agir de façon probabiliste, chaque coup étant choisi par hasard avec un processus aléatoire (par exemple un jeu de dès, ou une table de valeurs aléatoires). [**94**]

Les stratégies mixtes sont empiriquement bien connues des diplomates et des joueurs de poker, qui savent les bénéfices potentiels obtenus en cachant leurs plans, même quand il y en a un qui semble évident.

IV. La théorie des jeux dynamiques en information complète

La théorie des jeux dynamiques prend en compte la compétition entre processus évoluant dans le temps [**95**]. Cette théorie est fondée sur les concepts suivants :

1. Forme extensive des jeux

Les jeux sous forme extensive (développée) permettent de prendre en compte de manière détaillée la structure séquentielle du problème de décision [**96**] (arbre de jeu), l'évolution de l'information, des croyances, et des possibilités d'action. A chaque nœud de l'arbre est associé un joueur qui décide. Chaque option constitue une branche. Les gains de tous sont associés aux terminaisons ou feuilles de l'arbre. Un joueur n'a toutefois pas besoin de savoir comment il est parvenu à un nœud: seul compte l'état présent du jeu, et les positions recherchées dans le futur. Lorsque certains mouvements ne sont autorisés qu'après un événement donné, cet événement n'est qu'un des éléments à matérialiser dans l'état présent du jeu et n'a pas besoin de faire partie d'un historique.

Une forme extensive du jeu est un arbre de décision décrivant les actions possibles des joueurs à chaque étape du jeu, la séquence de tours de jeu des joueurs, ainsi que l'information dont ils disposent à chaque étape pour prendre leur décision. Cette information est représentée sous forme d'ensembles d'information qui forment une partition des nœuds de l'arbre, chaque classe de la partition contenant les nœuds non distinguables par le joueur à une étape du jeu.

2. Equilibre parfait en sous-jeux

Les équilibres parfaits en sous-jeux [**97**] sont des équilibres de Nash tels que dans tout sous-jeu propre, les stratégies restreintes à ce sous-jeu continuent à former un équilibre de Nash de ce sous-jeu.

Supposons que k jeux des n étapes ont déjà été joués, avec l'historique H(k) englobant les stratégies choisies jusqu'alors par chaque joueur.

Dans le cas de 2 joueurs nous avons:

$$H(k) = \left(s_1^{-1},..s_1^{-k}; s_2^{-1},..s_2^{-k}\right)$$

Un sous-jeux à n-étapes est formé des jeux k+1..,n ; étant donnée H(k), le gain de chaque joueur est :

$$u_i(s_1^{k+1}, s_1^n; s_2^{k+1}, s_2^n) = U_i(\overline{s_1}, \overline{s_2} \mid H(k)), i = 1,2$$

La paire de stratégies du jeu à n étapes forme un sous-jeu parfait, si elle constitue un équilibre de Nash pour tous les sous-jeux formés des étapes k+1,n avec les historiques H(k).

D'où, la paire de stratégies du sous-jeu qui démarre en k+1:

$$\overline{s_1} = (s_1^{k+1}, s_1^{k+2},..,s_1^n) \ \ et \ \ \overline{s_2} = (s_2^{k+1}, s_2^{k+2},..,s_2^n)$$

Est un équilibre de ce jeu, quel que soit l'historique H(k).

3. Les jeux en information incomplète

Les joueurs ne sont par informés et créent des estimations et des prédictions [**98**] sur les choix des autres afin de trouver le meilleur choix à adopter.

On les appelle aussi jeux bayésiens dynamiques :

- Les joueurs choisissent séquentiellement leurs actions
- Au moins un joueur ne connaît pas la fonction de paiement d'un autre
- Utiliser l'information disponible (coups observés) pour réviser ses croyances

Harsanyi (1967--1968) propose une transformation :

Information incomplète $\rightarrow$ à information imparfaite

Par l'introduction d'un joueur fictif, appelé Nature, qui détermine les éléments aléatoires du jeu (les états de la Nature, incluant les croyances des joueurs), avec une distribution de probabilité a priori commune

Applications : dissuasion d'entrée, jeux de signaux, contrats (théorie de l'agence)...

V. Domaine d'application de la stratégie des jeux

Les champs d'application de la théorie des jeux sont très variés par exemple nous citons les domaines de:

- Défense : modélisation de la dissuasion nucléaire,
- Sociologie et génétique : des chercheurs ont utilisé la stratégie des jeux pour mieux comprendre l'évolution du comportement des espèces face à la modification de leur environnement,
- Organisation : développement de système multi-agents,
- Marketing et stratégie d'entreprise
- Domaine de l'économie, celles où existent un nombre réduit de compétiteurs (oligopole)

La théorie des jeux cherche les stratégies rationnelles dans des situations conflictuelles entre des partenaires où les gains d'un acteur dépendent non seulement de son comportement et des conditions du marché, mais aussi de celui des autres intervenants, lesquels peuvent poursuivre des objectifs différents ou contradictoires.

L'application de la stratégie des jeux dans la commerce électronique a montré une efficience dans la modélisation et l'analyse des interactions stratégiques, permettant ainsi d'évaluer la stratégie d'action suivant le comportement des rivaux. [**99**]

❖ **Mise en œuvre des fondements de la théorie des jeux dans la négociation automatisée :**

Les jeux de négociations combinent les apports théoriques de la stratégie des jeux avec les conduites comportementales induites des protocoles de négociation [**100**] [**101**]. En d'autres termes ils permettent de saisir la liaison entre des comportements coopératifs et compétitifs,

induites des règles théoriques de négociation, avec des compétences et des expériences potentielles du domaine.

Exemple d'application des jeux de négociation:

- Les problèmes d'allocation de ressources entre plusieurs utilisateurs : les négociateurs cherchent des compromis mutuellement satisfaisants.
- Les problèmes des enchères : un négociateur doit estimer les différentes stratégies de ses adversaires afin de saisir les opportunités.

VI. Conclusion

La théorie des jeux permet de rationnaliser les choix des partenaires en intérêt conflictuels et de chercher des points de satisfaction mutuelle, appelées points d'équilibre, et de prendre des décisions optimales face aux adversaires de stratégies dynamiques. Cette théorie a vu plusieurs applications dans divers domaines où l'information est imparfaite, en particulier en négociation automatisée.

Annexe 4: Les tables des expérimentations de l'approche rationnelle

1. Les utilités moyennes des joueurs

	Vagr	Vneu	Vcon
ARation	0.275 0.818	0.185 0.766	0.597 0.402

Tableau 5: Les utilités moyennes des joueurs des négociations échouées et réussies

2. Les utilités moyennes des joueurs des négociations réussies

	Vcon	Vneu	Vcon
ARatio	0.293 0.870	0.185 0.766	0.597 0.402

Tableau 6: Les utilités moyennes des joueurs des négociations réussies

3. Pourcentage d'accords

	Vcon	Vneu	Vcon
ARation	0.94	1	1

Tableau 7: Pourcentage d'accords

4. La moyenne du nombre de tours

	Vcon	Vneu	Vcon
ARation	10.9149	7.9500	1.1500

Tableau 8: La moyenne du nombre de tours

Annexe 5: Les tables des expérimentations de l'approche floue basée sur la personnalité (le tempérament)

1. Expérimentation des négociations réussies et échouées

1. Cas1 : $T^{a}_{\max} > T^{v}_{\max}$

		V		
		VA	VN	VC
A	AA	0.193 0.559	0.541 0.303	0.903 0.096
	AN	0.208 0.653	0.67 0.289	0.909 0.090
	AC	0.235 0.559	0.661 0.257	0.906 0.094

Tableau 9: Utilités moyennes des joueurs négociateurs pour $T^{a}_{\max} > T^{v}_{\max}$

2. Cas2: $T^{a}_{\max} = T^{v}_{\max}$

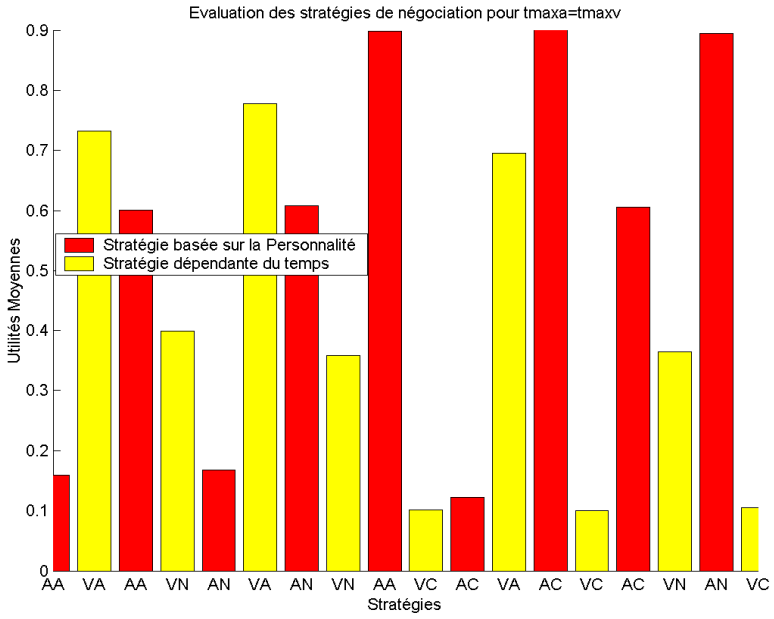


Figure 68: Utilités moyennes des joueurs négociateurs pour $T^{a}_{\max} = T^{v}_{\max}$

	V			
A		VA	VN	VC
	AA	0.1591 0.732	0.602 0.398	0.8986 0.1014
	AN	0.1678 0.777	0.609 0.358	0.895 0.105
	AC	0.1219 0.695	0.606 0.364	0.9 0.1

Tableau 10: Utilités moyennes des joueurs négociateurs pour $T^a_{\max} = T^v_{\max}$

3. Cas3: $T^a_{\max} < T^v_{\max}$

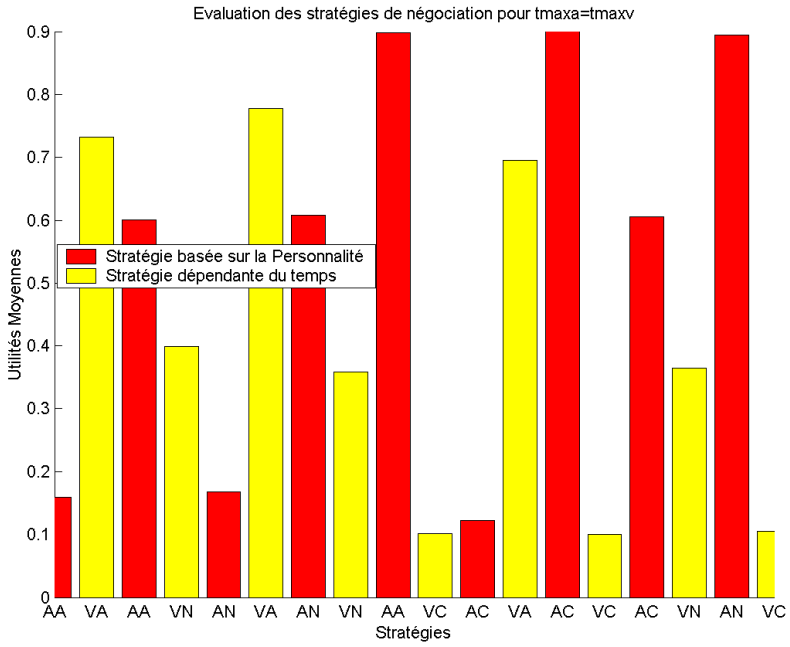


Figure 69: Utilités moyennes des joueurs négociateurs pour $T^a_{\max} < T^v_{\max}$

		V		
A		VA	VN	VC
	AA	0.005 0.486	0.193 0.235	0.887 0.113
	AN	0.004 0.572	0.297 0.354	0.884 0.116
	AC	0.002 0.48	0.208 0.209	0.885 0.114

Tableau 11: Utilités moyennes des joueurs négociateurs pour $T^a_{\max} < T^v_{\max}$

2. Expérimentation des négociations réussies

1. **Cas1:** $T^a_{\max} > T^v_{\max}$

❖ **Utilités moyennes**

		V		
A		VA	VN	VC
	AA	0.257 0.743	0.640 0.359	0.904 0.096
	AN	0.241 0.758	0.698 0.301	0.910 0.090
	AC	0.296 0.704	0.719 0.281	0.906 0.094

Tableau 12: Utilités moyennes des joueurs négociateurs réussies pour $T^a_{\max} > T^v_{\max}$

❖ **Pourcentage d'accords:**

		V		
		VA	VN	VC
A	AA	0.365	0.410	0.430
	AN	0.370	0.355	0.350
	AC	0.290	0.370	0.365

Tableau 13: Pourcentage des accords pour $T^a_{\max} > T^v_{\max}$

❖ **Nombre moyen de tours pour arriver à un accord :**

	V			
A		VA	VN	VC
	AA	20.753	15.453	4.209
	AN	20.784	16.310	4.157
	AC	20.707	16.068	4.027

Tableau 14: Nombre moyen de tours pour arriver à un accord pour $T^{a}_{\max} > T^{v}_{\max}$

2. Cas2: $T^{a}_{\max} = T^{v}_{\max}$

❖ **Les utilités moyennes des joueurs**

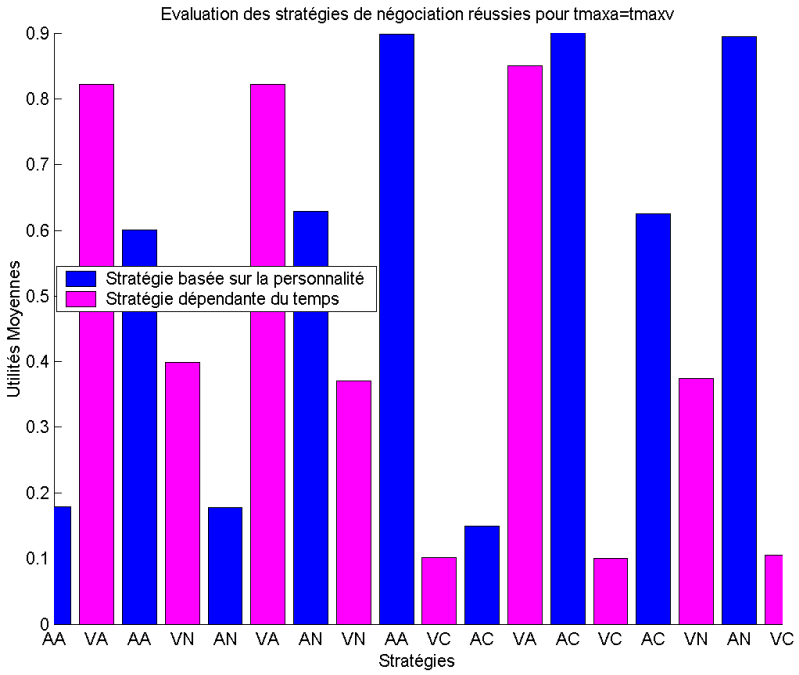


Figure 70: Utilités moyennes des joueurs négociateurs réussies pour $T^{a}_{\max} = T^{v}_{\max}$

		V		
A		VA	VN	VC
	AA	0.178 0.821	0.602 0.398	0.899 0.101
	AN	0.177 0.822	0.630 0.370	0.895 0.105
	AC	0.149 0.851	0.626 0.374	0.900 0.100

Tableau 15: Utilités moyennes des joueurs négociateurs réussies pour $T^{a}_{\max} = T^{v}_{\max}$

❖ **Le pourcentage d'accords:**

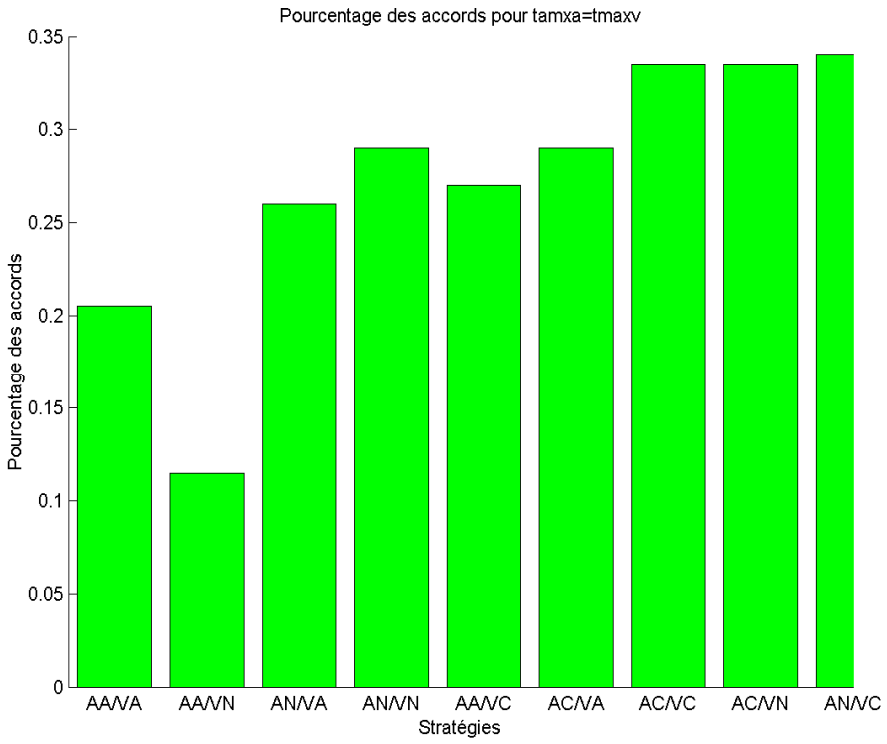


Figure 71: Pourcentage des accords pour $T^{a}_{\max} = T^{v}_{\max}$

	V			
A		VA	VN	VC
	AA	0.205	0.115	0.270
	AN	0.260	0.290	0.340
	AC	0.290	0.335	0.335

Tableau 16: Pourcentage des accords pour $T^{a}_{\max} = T^{v}_{\max}$

❖ **Nombre moyen de tours pour arriver à un accord:**

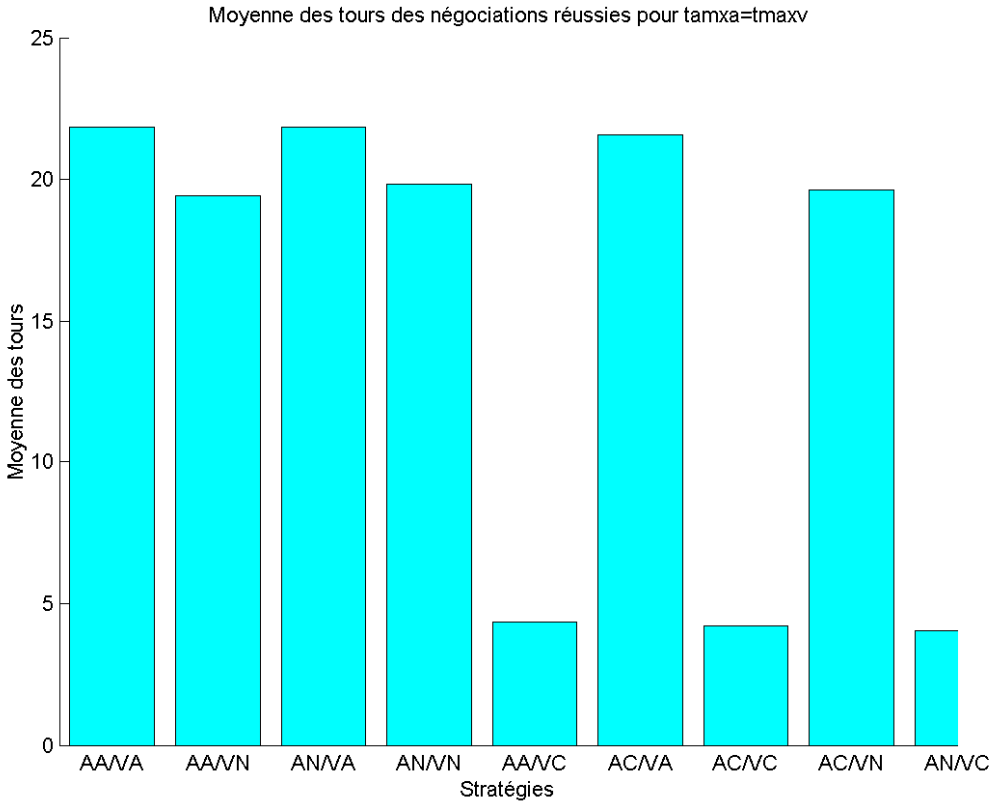


Figure 72: Nombre moyen de tours pour arriver à un accord pour $T^{a}_{\max} = T^{v}_{\max}$

	V			
A		VA	VN	VC
	AA	21.829	19.411	4.352
	AN	21.846	19.845	4.044
	AC	21.586	19.627	4.224

Tableau 17: Nombre moyen de tours pour arriver à un accord pour $T^{a}_{\max} = T^{v}_{\max}$

3. Cas3: $T^{a}_{\max} < T^{v}_{\max}$

❖ **Les utilités moyennes des joueurs**

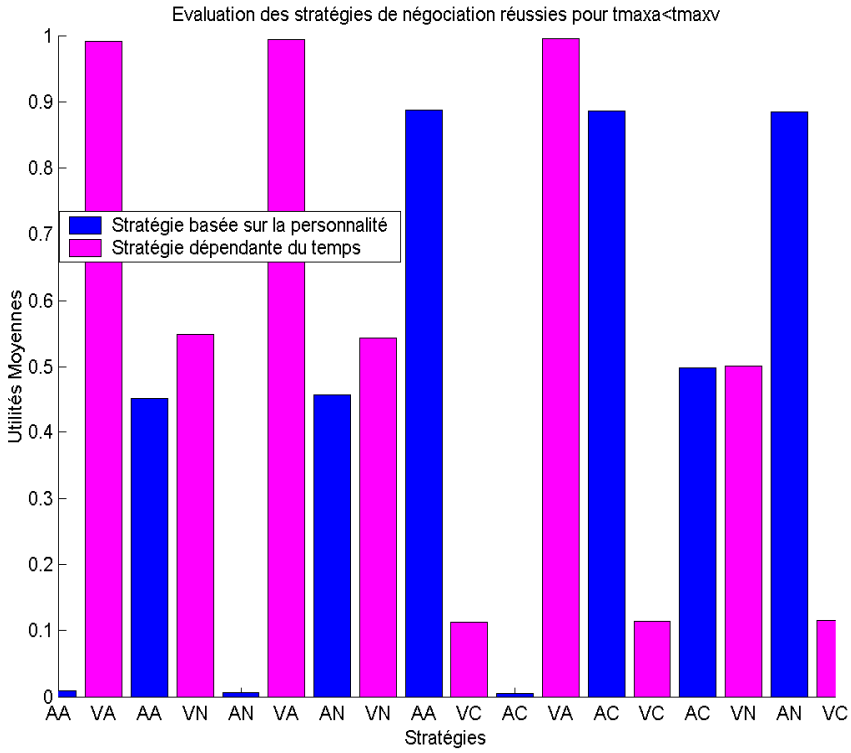


Figure 73: Utilités moyennes des joueurs négociateurs réussies pour $T^{a}_{\max} < T^{v}_{\max}$

		V					
A		VA		VN		VC	
	AA	0.009	0.991	0.451	0.549	0.887	0.113
	AN	0.007	0.993	0.456	0.544	0.884	0.116
	AC	0.004	0.996	0.499	0.501	0.885	0.114

Tableau 18: Utilités moyennes des joueurs négociateurs réussies pour $T^{a}_{\max} < T^{v}_{\max}$

- **Pourcentage d'accords**

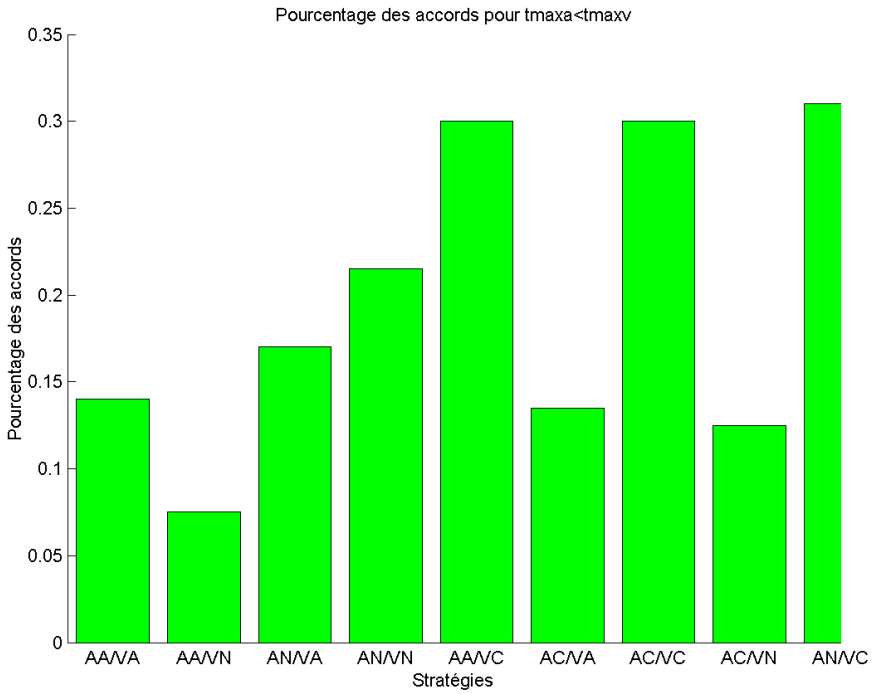


Figure 74: Pourcentage des accords pour $T^{a}_{\max} < T^{v}_{\max}$

	V			
A		VA	VN	VC
	AA	0.140	0.075	0.300
	AN	0.170	0.215	0.310
	AC	0.135	0.125	0.300

Tableau 19: Pourcentage des accords pour $T^{a}_{\max} < T^{v}_{\max}$

❖ **Nombre moyen de tours pour arriver à un accord**

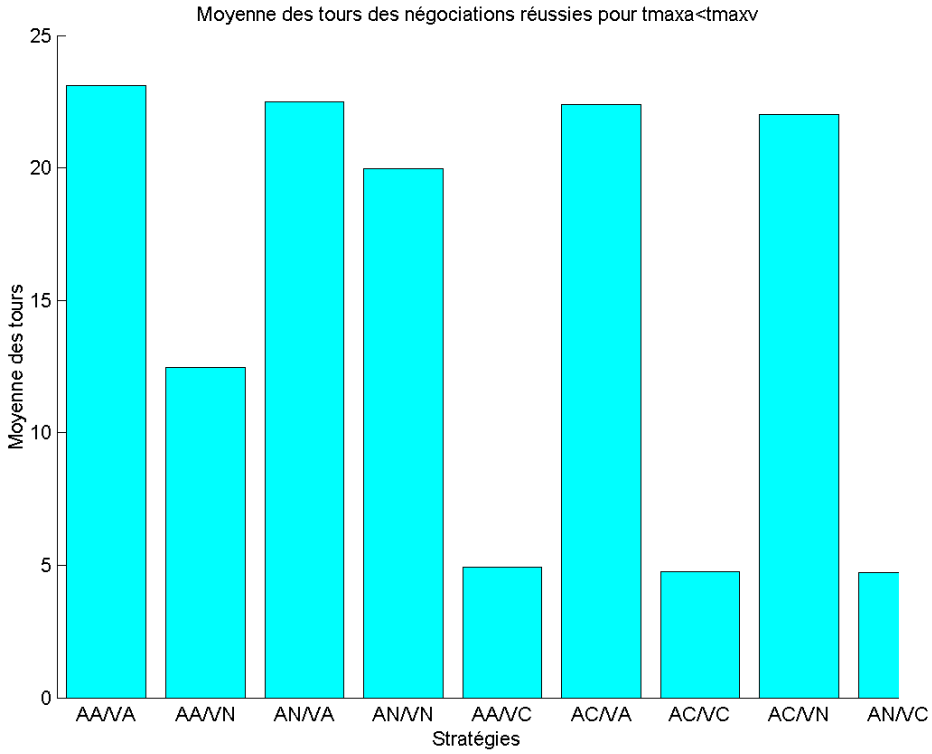


Figure 75: Nombre moyen de tours pour arriver à un accord pour $T^{a}_{\max} < T^{v}_{\max}$

	V			
A		VA	VN	VC
	AA	23.107	12.454	4.917
	AN	22.500	19.976	4.726
	AC	22.407	22.000	4.750

Tableau 20: Nombre moyen de tours pour arriver à un accord pour $T^{a}_{\max} < T^{v}_{\max}$

Annexe 6: Expérimentations de l'approche Perso-Rationnelle

1. Expérimentation des négociations réussies et échouées

1. Cas1 : $T^a_{\max} > T^v_{\max}$

	V							
A		AV		NV		CV		
	AA	0.558	0.256	0.450	0.270	0.3498	0.162	
	NA	0.556	0.269	0.395	0.040	0.3451	0.183	
	CA	0.568	0.281	0.185	0.020	0.4626	0.154	

Tableau 21: Utilités moyennes des joueurs négociateurs pour $T^a_{\max} > T^v_{\max}$

2. Cas2: $T^a_{\max} = T^v_{\max}$

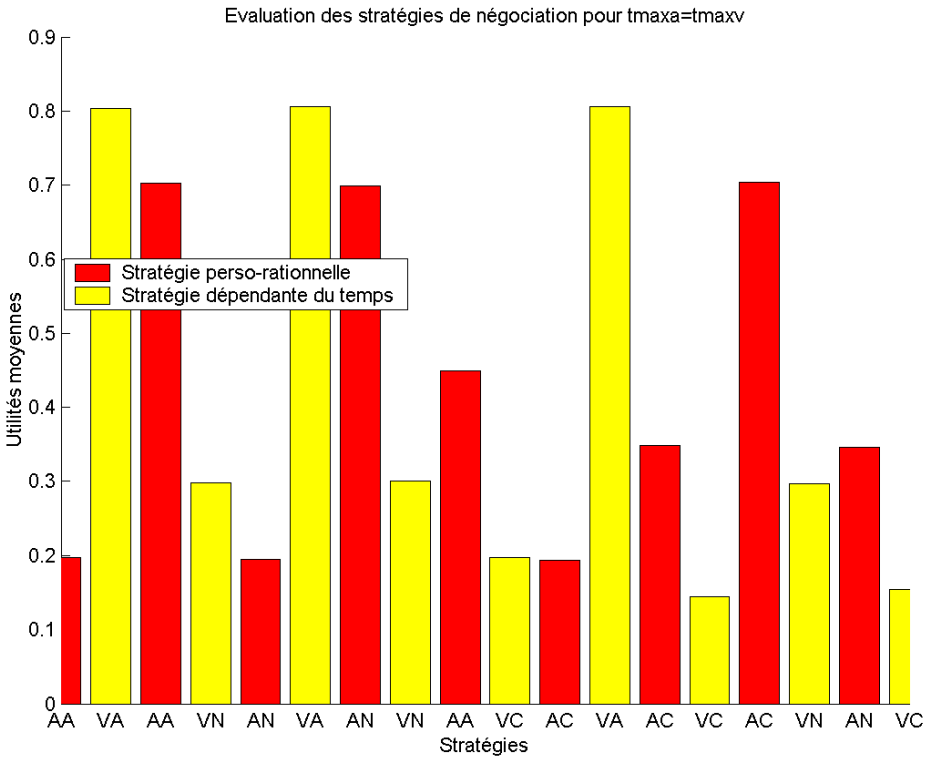


Figure 76: Utilités moyennes des joueurs négociateurs pour $T^a_{\max} = T^v_{\max}$

		V		
		AV	NV	CV
A	AA	0.196 0.803	0.703 0.297	0.450 0.198
	NA	0.194 0.805	0.700 0.300	0.346 0.154
	CA	0.194 0.806	0.704 0.296	0.348 0.145

Tableau 22: Utilités moyennes des joueurs négociateurs pour $T^{a}_{\max} = T^{v}_{\max}$

3. Cas3: $T^{a}_{\max} < T^{v}_{\max}$

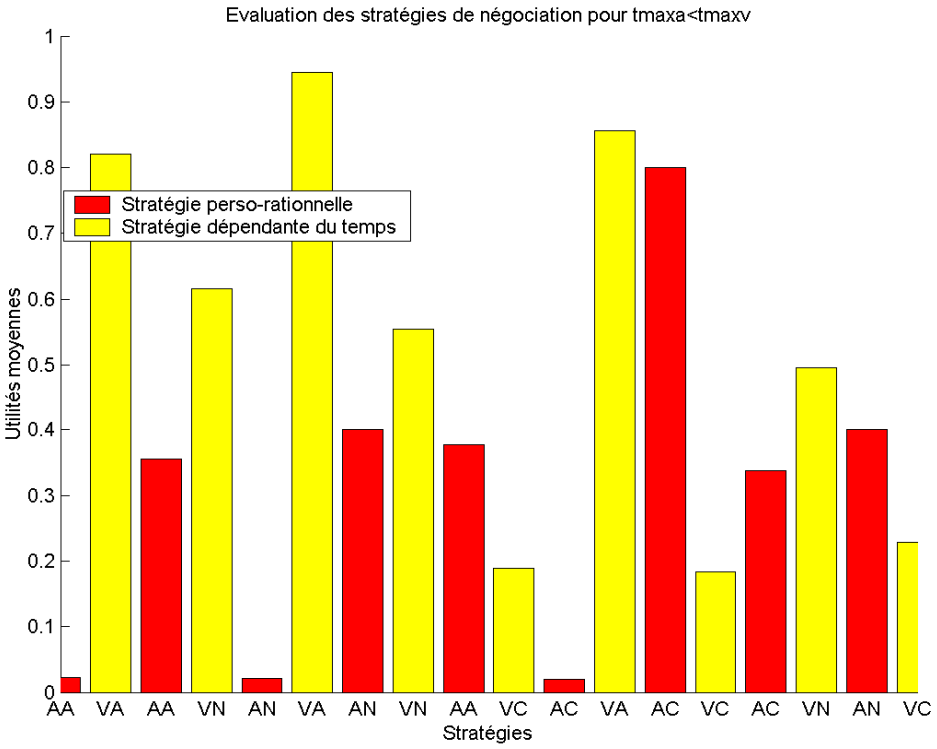


Figure 77: Utilités moyennes des joueurs négociateurs pour $T^{a}_{\max} \prec T^{v}_{\max}$

		V					
		AV		NV		CV	
A	AA	0.022	0.820	0.355	0.616	0.378	0.189
	NA	0.021	0.945	0.400	0.554	0.401	0.228
	CA	0.019	0.855	0.338	0.496	0.800	0.183

Tableau 23: Utilités moyennes des joueurs négociateurs pour $T^{a}_{\max} \prec T^{v}_{\max}$

2. Expérimentation des négociations réussies

1. **Cas1 :** $T^{a}_{\max} > T^{v}_{\max}$

❖ **Les utilités moyennes des joueurs**

				V			
		AV		NV		CV	
	AA	0.685	0.315	0.624	0.376	0.684	0.316
A	NA	0.674	0.326	0.914	0.086	0.653	0.347
	CA	0.669	0.331	0.893	0.107	0.750	0.250

Tableau 24: Utilités moyennes des joueurs négociateurs pour $T^{a}_{\max} \succ T^{v}_{\max}$

❖ **Pourcentage d'Accords**

		V		
		AV	NV	CV
A	AA	0.395	0.350	0.220
	NA	0.355	0.160	0.185
	CA	0.310	0.080	0.225

Tableau 25: Pourcentage d'accord

❖ **Moyenne de nombre de tours**

		V		
		AV	NV	CV
A	AA	21.823	22.783	1.068
	NA	23.084	24.437	1.000
	CA	21.774	21.437	5.333

Tableau 26: Moyenne de nombre de tours

2. Cas2: $T^a_{\max} = T^v_{\max}$

❖ **Les utilités moyennes des joueurs**

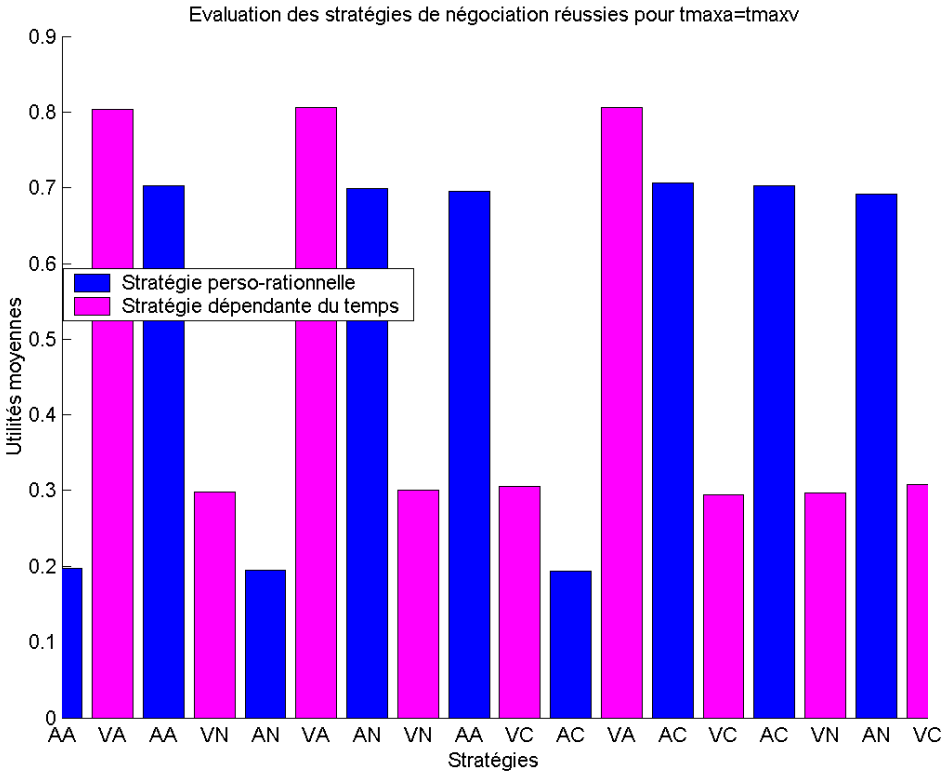


Figure 78: Les utilités moyennes des joueurs négociateurs réussies pour $T^a_{\max} = T^v_{\max}$

		V					
		AV		NV		CV	
A	AA	0.197	0.803	0.703	0.297	0.695	0.305
	NA	0.194	0.805	0.700	0.300	0.692	0.308
	CA	0.194	0.806	0.700	0.300	0.706	0.294

Tableau 27: Les utilités moyennes des joueurs négociateurs réussies pour $T^{a}_{\max} = T^{v}_{\max}$

❖ **Pourcentage d'accords**

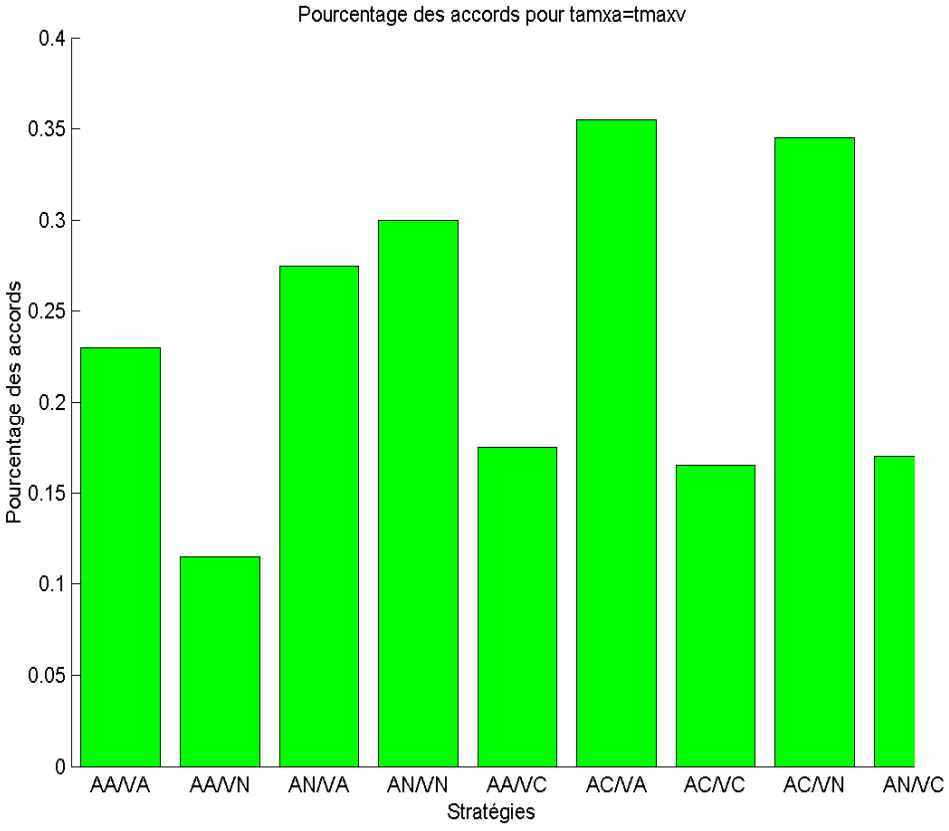


Figure 79: Pourcentage des accords pour $T^{a}_{\max} = T^{v}_{\max}$

		V		
		AV	NV	CV
A	AA	0.230	0.115	0.175
	NA	0.275	0.300	0.170
	CA	0.355	0.345	0.165

Tableau 28: Pourcentage des accords pour $T^{a}_{\max} = T^{v}_{\max}$

❖ **Moyenne de nombre de tours**

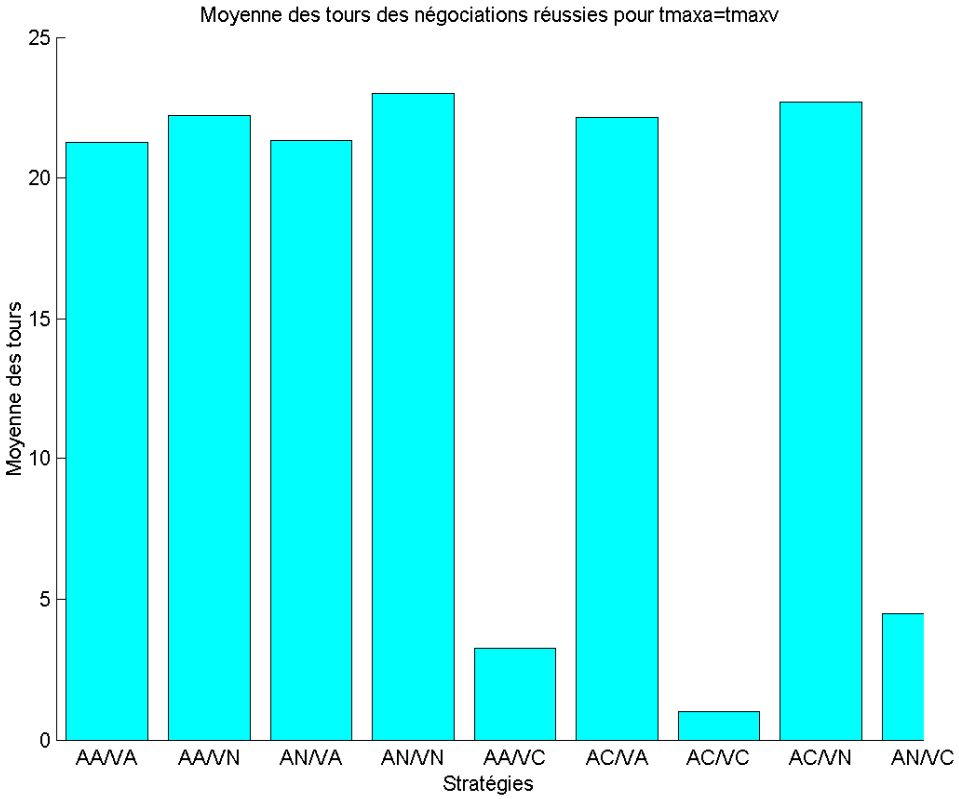


Figure 80: Nombre moyen de tours pour arriver à un accord pour $T^{a}_{\max} = T^{v}_{\max}$

		V		
		AV	NV	CV
A	AA	21.261	22.214	3.257
	NA	21.345	23.000	4.500
	CA	22.141	22.710	1.000

Tableau 29: Nombre moyen de tours pour arriver à un accord pour $T^{a}_{\max} = T^{v}_{\max}$

3. Cas 3: $T^{a}_{\max} < T^{v}_{\max}$

❖ **Les utilités moyennes des joueurs**

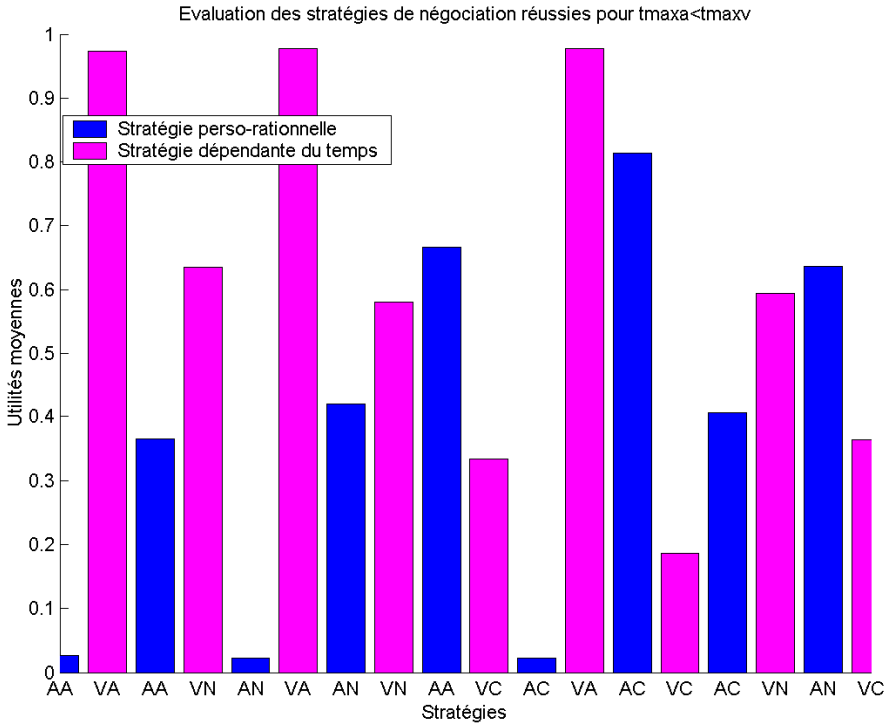


Figure 81: Utilités moyennes des joueurs négociateurs réussies pour $T^{a}_{\max} < T^{v}_{\max}$

		V					
		AV		NV		CV	
A	AA	0.026	0.974	0.365	0.634	0.666	0.334
	NA	0.022	0.978	0.419	0.581	0.637	0.363
	CA	0.022	0.978	0.405	0.595	0.814	0.186

Tableau 30: Utilités moyennes des joueurs négociateurs réussies pour $T^{a}_{\max} < T^{v}_{\max}$

❖ **Pourcentage d'accord**

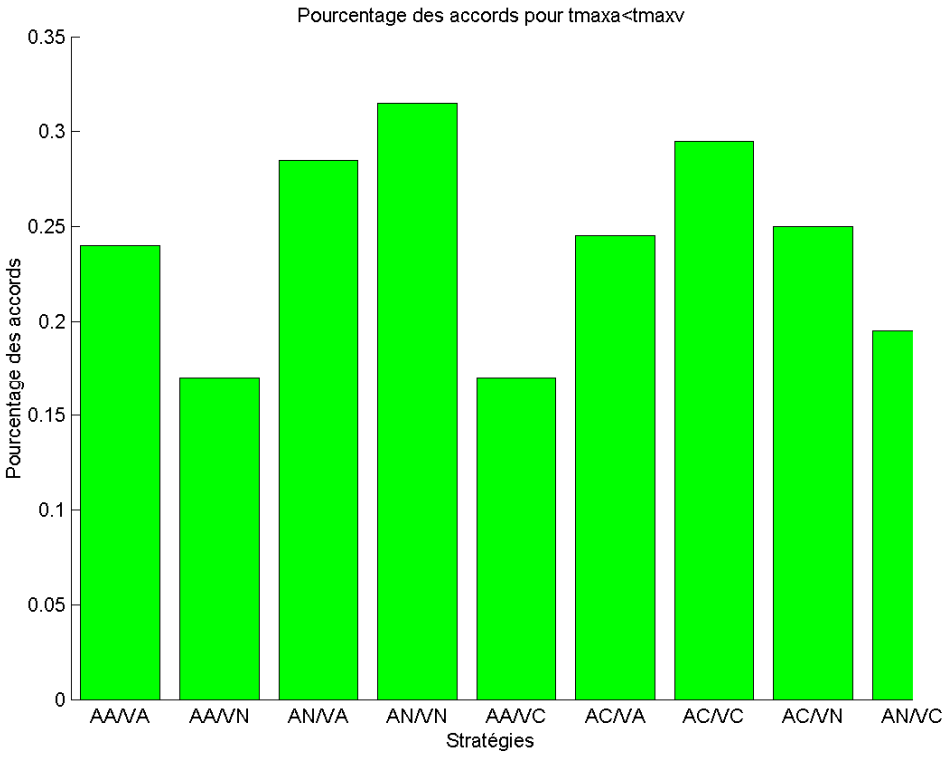


Figure 82: Pourcentage des accords pour $T^{a}_{\max} < T^{v}_{\max}$

		V		
		AV	NV	CV
A	AA	0.240	0.170	0.170
	NA	0.285	0.315	0.195
	CA	0.245	0.250	0.295

Tableau 31: Pourcentage des accords pour $T^{a}_{\max} < T^{v}_{\max}$

❖ **Moyenne du nombre de tours**

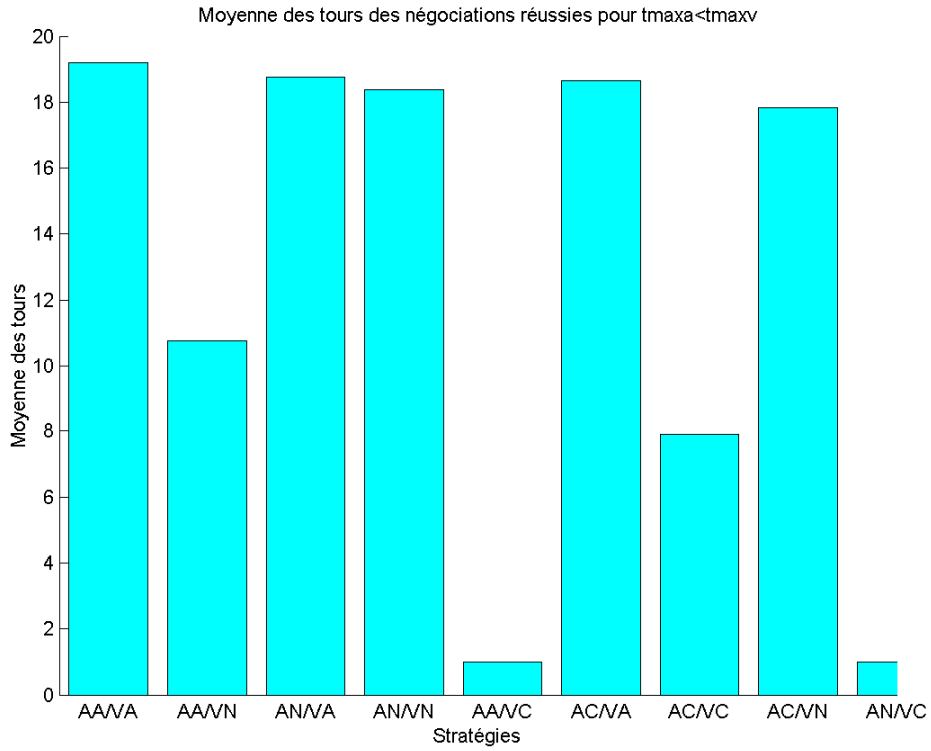


Figure 83: Nombre moyen de tours pour arriver à un accord pour $T^{a}_{\max} < T^{v}_{\max}$

		V		
		AV	NV	CV
A	AA	19.187	10.770	1.000
	NA	18.772	18.381	1.000
	CA	18.653	17.840	7.898

Tableau 32: Nombre moyen de tours pour arriver à un accord pour $T^{a}_{\max} < T^{v}_{\max}$

3. La Base des règles d'Evaluation du degré de rationalité

SI P_a^R est petit ET P_a^P est petit ET β est très-petit ALORS δ est très-petit
SI P_a^R est petit ET P_a^P est moyen ET β est très-petit ALORS δ est très-petit
SI P_a^R est petit ET P_a^P est grand ET β est petit ALORS δ est petit
SI P_a^R est petit ET P_a^P est très-grand ET β est très-petit ALORS δ est petit
SI P_a^R est moyen ET P_a^P est petit ET β est très-petit ALORS δ est très-petit
SI P_a^R est moyen ET P_a^P est moyen ET β est très-petit ALORS δ est très-petit
SI P_a^R est moyen ET P_a^P est grand ET β est très-petit ALORS δ est petit
SI P_a^R est moyen ET P_a^P est très-grand ET β est très-petit ALORS δ est petit

SI P_a^R est grand ET P_a^P est petit ET β est très-petit ALORS δ est très-petit
SI P_a^R est grand ET P_a^P est moyen ET β est très-petit ALORS δ est très-petit
SI P_a^R est grand ET P_a^P est grand ET β est très-petit ALORS δ est petit
SI P_a^R est grand ET P_a^P est très-grand ET β est très-petit ALORS δ est petit
SI P_a^R est très-grand ET P_a^P est petit ET β est très-petit ALORS δ est petit
SI P_a^R est très-grand ET P_a^P est moyen ET β est très-petit ALORS δ est petit
SI P_a^R est très-grand ET P_a^P est grand ET β est très-petit ALORS δ est petit
SI P_a^R est très-grand ET P_a^P est très-grand ET β est très-petit ALORS δ est petit
SI P_a^R est petit ET P_a^P est petit ET β est petit ALORS δ est très-petit
SI P_a^R est petit ET P_a^P est est petit ET β est moyen ALORS δ est moyen
SI P_a^R est petit ET P_a^P est petit ET β est grand ALORS δ est grand
SI P_a^R est petit ET P_a^P est petit ET β est très-grand ALORS δ est très-grand
SI P_a^R est petit ET P_a^P est moyen ET β est petit ALORS δ est petit

SI P_a^R est petit ET P_a^P est moyen ET β est moyen ALORS δ est moyen
SI P_a^R est petit ET P_a^P est moyen ET β est grand ALORS δ est grand
SI P_a^R est petit ET P_a^P est moyen ET β est très-grand ALORS δ est très-grand
SI P_a^R est petit moyen ET β est petit ALORS δ est petit
SI P_a^R est petit ET P_a^P est grand m ET β est oyen ALORS δ est moyen
SI P_a^R est petit ET P_a^P est grand ET β est grand ALORS δ est grand
SI P_a^R est petit ET P_a^P est grand ET β est très-grand ALORS δ est très-grand
SI P_a^R est petit ET P_a^P est très-grand ET β est petit ALORS δ est petit
SI P_a^R est petit ET P_a^P est très-grand ET β est moyen ALORS δ est moyen
SI P_a^R est petit ET P_a^P est très-grand ET β est grand ALORS δ est grand
SI P_a^R est petit ET P_a^P est très-grand ET β est très-grand ALORS δ est très-grand
SI P_a^R est moyen ET P_a^P est petit ET β est petit ALORS δ est petit
SI P_a^R est moyen ET P_a^P est petit ET β est moyen ALORS δ est moyen

SI P_a^R est moyen ET P_a^P est petit ET β est grand ALORS δ est grand
SI P_a^R est moyen ET P_a^P est petit ET β est très-grand ALORS δ est grand
SI P_a^R est moyen ET P_a^P est moyen ET β est petit ALORS δ est, petit
SI P_a^R est moyen ET P_a^P est moyen ET β est moyen ALORS δ est moyen
SI P_a^R est moyen ET P_a^P est moyen ET β est grand ALORS δ est grand
SI P_a^R est moyen ET P_a^P est moyen ET β est très-grand ALORS δ est grand
SI P_a^R est moyen ET P_a^P est grand ET β est petit ALORS δ est petit
SI P_a^R est moyen ET P_a^P est grand ET β est moyen ALORS δ est moyen
SI P_a^R est moyen ET P_a^P est grand ET β est grand ALORS δ est grand
SI P_a^R est moyen ET P_a^P est grand ET β est très-grand ALORS δ est grand
SI P_a^R est moyen ET P_a^P est très-grand ET β est petit ALORS δ est petit
SI P_a^R est moyen ET P_a^P est très-grand ET β est moyen ALORS δ est moyen
SI P_a^R est moyen ET P_a^P est très-grand ET β est grand ALORS δ est grand

SI P_a^R est moyen ET P_a^P est très-grand ET β est très-grand ALORS δ est grand
SI P_a^R est grand ET P_a^P est petit ET β est petit ALORS δ est petit
SI P_a^R est grand ET P_a^P est petit ET β est moyen ALORS δ est moyen
SI P_a^R est grand ET P_a^P est petit ET β est grand ALORS δ est moyen
SI P_a^R est grand ET P_a^P est petit ET β est très-grand ALORS δ est moyen
SI P_a^R est grand ET P_a^P est moyen ET β est petit ALORS δ est petit
SI P_a^R est grand ET P_a^P est moyen ET β est moyen ALORS δ est moyen
SI P_a^R est grand ET P_a^P est moyen ET β est grand ALORS δ est moyen
SI P_a^R est grand ET P_a^P est moyen ET β est très-grand ALORS δ est moyen
SI P_a^R est grand ET P_a^P est grand ET β est petit ALORS δ est petit
SI P_a^R est grand ET P_a^P est grand ET β est moyen ALORS δ est moyen
SI P_a^R est grand ET P_a^P est grand ET β est grand ALORS δ est moyen
SI P_a^R est grand ET P_a^P est grand ET β est très-grand ALORS δ est, grand

SI P_a^R est grand ET P_a^P est très-grand ET β est petit ALORS δ est, petit
SI P_a^R est grand ET P_a^P est très-grand ET β est moyen ALORS δ est moyen
SI P_a^R est grand ET P_a^P est très-grand ET β est grand ALORS δ est moyen
SI P_a^R est grand ET P_a^P est très-grand ET β est très-grand ALORS δ est grand
SI P_a^R est très-grand ET P_a^P est petit ET β est petit ALORS δ est petit
SI P_a^R est très-grand ET P_a^P est petit ET β est moyen ALORS δ est moyen
SI P_a^R est très-grand ET P_a^P est petit ET β est grand ALORS δ est moyen
SI P_a^R est très-grand ET P_a^P est petit ET β est très-grand ALORS δ est moyen
SI P_a^R est très-grand ET P_a^P est moyen ET β est petit ALORS δ est petit
SI P_a^R est très-grand ET P_a^P est moyen ET β est moyen ALORS δ est moyen
SI P_a^R est très-grand ET P_a^P est moyen ET β est grand ALORS δ est moyen
SI P_a^R est très-grand ET P_a^P est moyen ET β est très-grand ALORS δ est moyen
SI P_a^R est très-grand ET P_a^P est grand ET β est petit ALORS δ est petit

SI P_a^R est très-grand ET P_a^P est grand ET β est moyen ALORS δ est moyen
SI P_a^R est très-grand ET P_a^P est grand ET β est grand ALORS δ est moyen
SI P_a^R est très-grand ET P_a^P est grand ET β est très-grand ALORS δ est grand
SI P_a^R est très-grand ET P_a^P est très-grand ET β est petit ALORS δ est petit
SI P_a^R est très-grand ET P_a^P est très-grand ET β est moyen ALORS δ est moyen
SI P_a^R est très-grand ET P_a^P est très-grand ET β est grand ALORS δ est moyen
SI P_a^R est très-grand ET P_a^P est très-grand ET β est très-grand ALORS δ est grand

BIBLIOGRAPHIE

[1] Faratin P., Sierra C., and Jennings N. R., "Using similarity criteria to make issue trade-offs," *Artificial Intelligence*, vol. 142, pp. 205–237, 2002.

[2] Jennings N.R, "On agent-based software engineering," *Artificial Intelligence*, vol. 117, no. 2, pp. 277-296, 2002.

[3] Zuo Bao-he and Sun Yu, "Fuzzy Logic to Support Bilateral Agent Negotiation in E-commerce," in *International Conference on Artificial Intelligence and Computational Intelligence*, vol. 4, Shanghai, China, Nov 2009, pp. 179 - 183.

[4] John Zeleznikow and Emilia Bellucci, "Family Winner: Integrating Game Theory and Heuristics to Provide Negotiation Support," *Proceedings of the Sixteenth International Conference on Legal Knowledge Based Systems*, 2003.

[5] Faria Nassiri-Mofakham and al, "A heuristic personality-based bilateral multi-issue bargaining model in electronic commerce," *International Journal of Human-Computer Studies*, vol. 67, no. 1, pp. 1-35, January 2009.

[6] Cuihong Li and Joseph Giampapa, "A Review of Research Literature on Bilateral," *Navy Detailing Process,Cognitive Agents Technology Project*, Nov 2003.

[7] François Delivré, *Le pouvoir de négocier. S'affronter sans violence : l'espace gagnant-gagnant en négociation*, 3rd ed. Paris: Dunod-InterEditions, 2005.

[8] Christophe Dupont, *La négociation : conduite, théorie, applications*. Paris: Dalloz, 1986.

[9] Nicholas R. Jennings, "On agent-based software engeneering," *Artificial Intelligence*, vol. 117, no. 2, pp. 277-296, March 2000.

[10] CECILIA ALBIN, "Justice, Fairness, and Negotiation: Theory and Reality," in *International Negotiation: Actors, Structure/Process, Values*. New-York, 1999, pp. 258-290.

[11] Guy-olivier Faure, "Approcher la dimension interculturelle en négociation internationale," *Lavoisier*, no. 154, pp. 187-199, juin 2004.

[12] P. Faratin, C. Sierra, and N. Jennings, "Negotiation Decision Functions for Autonomous Agents," *Int. Journal of Robotics and Autonomous Systems*, vol. 24, no. 3-4, pp. 159-182, 1997.

[13] R. Mandiau and E. Grislin-Le Strugeon, "Panorama et applications des Systèmes Multi-Agents.," in *La Collection Techniques de l'Ingénieur*. Paris, 2000, vol. 810.

[14] J. Ferber, *Les systèmes multi-agents, vers une intelligence collective*, InterEditions ed. Paris, 1995, vol. IIA.

[15] Ulle Endriss, "Monotonic concession protocols for multilateral negotiation," *AAMAS '06 , The ACM Digital Library*, May 2006.

[16] Roman Inderst and Christian Wey, "Bargaining, mergers, and technology choice in bilaterally oligopolistic industries," *Industrial Organization*, no. 2981, September 2001.

[17] T. Sandholm, "Distributed rational decision making," *Multiagent Systems, MIT Press*, pp. 201–258, March 1999.

[18] Xudong Luo, Nicholas R. Jennings, Nigel Shadbolt, Ho-fung Leung, and Jimmy Ho-man Lee, "A fuzzy constraint based model for bilateral,multi-issue negotiations in semi-competitive environments," *Artificial Intelligence*, vol. 148, pp. 53–102, 2003.

[19] Marc Mousli, *Négocier. L'art et la manière*, Maxima, Ed. Paris, 2003.

[20] Christophe Dupont, *La négociation : conduite, théorie, applications*. Paris: Dalloz, 1986.

[21] Meghabghab G. and Bilal D., "Application of information theory to query negotiation: Toward an optimal questioning strategy," *Journal of the American Society for Information Science*, vol. 42, no. 6, pp. 457-462, July 1991.

[22] Ryszard Kowalczyk and Van Bui, "On Constraint based Reasoning in eNegotiation agents," *Agent Mediated Electronic Commerce III. F. Dignum and U. Cortes, Springer Verlag*, pp. 31-46, 2003.

[23] Arvind Sathi and Mark S. Fox, "Constraint-directed negotiation of resource reallocation," *Distributed Artificial Intelligence*, vol. 2, pp. 163-195, 1989.

[24] Makoto Yokoo, Edmund H. Durfee, and Toru Ishida, "The distributed constraint satisfaction problem: formalization and algorithms," *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, vol. 10, no. 5, pp. 673-685, 1998.

[25] Dajun Zeng and Katia Sycara, "Bayesian learning in negotiation," *International Journal Human-Computer Studies*, vol. 48, pp. 125-141, 1998.

[26] Robert H. Guttman and Pattie Maes, "Agent-mediated Integrative Negotiation for Retail Electronic Commerce," *Springer*, vol. 1571, pp. 70-90, 1999.

[27] Halifa Yves and Ghazal Michel, *Circulez y a rien à…négocier! Radioscopie d'un conflit*. Paris: Seuil, 1992.

[28] Roger Fisher, William Ury, and Bruce Patton, *Comment réussir une négociation*. Paris: Seuil, 1998.

[29] David M. Kreps, *Théorie des Jeux et modélisation économique*, DUNOP, Ed. Paris: Théorie Economique, 1999.

[30] David Knudsen Levine, "The Castle on the Hill," *Review of Economic Dynamics*, 2000.

[31] M. Opera, "Adaptability in Agent-based E-Commerce Negotiation," *tutorial notes of the 20th LASTED International Conference Applied Informatics AI'02- symposium Artificial ntelligence Application-AIA'02*, February 2002.

[32] R. Keeney and H. Raiffa, "Decisions with Multiple Objectives: Preferences and Value Tradeoffs," *John Wiley*, 1976.

[33] U. Pagano, "Bounded Rationality, Institutionalism and the Diversity of Economic Institutions," *Working Paper, University of Siena*, 1999.

[34] A. Rubinstein, "Comments on the Interpretation of Game Theory," *Econometrica*, vol. 59, pp. 909-924, 1991.

[35] Francisco Facchinei and Christian Kanzow, "Generalized Nash Equilibrium Problems," *4OR: A Quarterly Journal of Operations Research*, vol. 5 , no. 3, pp. 173-210, Novembre 2009.

[36] Lucie Ménager and Olivier Tercieux, "Fondement épistémiques de concepts d'équilibre en théorie des jeux," *REVUE D'ÉCONOMIE INDUSTRIELLE*, no. 114 et 115, 2ème et 3ème trimestres 2006.

[37] G. GIRAUD, "La Théorie des Jeux," *Champs Université, Flammarion*, 2000.

[38] A. Rubinstein, "Perfect equilibrium in a bargaining model," *Econometrica*, no. 50, pp. 97-109, 1982.

[39] Reinhard Selten, "Reexamination of the Perfectness Concept for Equilibrium Points in Extensive Games," *International Journal of Game Theory*, vol. 4, no. 1, pp. 25–55, 1975.

[40] L. Johansen, "On the Status of the Nash Type of Noncooperative Equilibrium in Economic Theory," *Scandinavian Journal of Economics*, vol. 84, pp. 421-441, 1982.

[41] K. G. Binmore, A. Rubinstein, and A. Wolinsky, "The Nash Bargaining Solution in Economic Modelling," *Rand Journal of Economics*, vol. 17, pp. 176–188, 1986.

[42] H. W. Kuhn and A. W. Tucker, "John von Neumann's work in the theory of games and mathematical economics," *Bullletin of the American Mathematical Society*, vol. 64, no. 3, pp. 100-122, 1958.

[43] G. Cohen, "Auxiliary Problem Principle and Decomposition of OptimizationProblems”," *Journal of optimization Theory and Applications*, vol. 32, pp. 277-305, 1980.

[44] Hanson M. A. and Mond B., "Necessary and sufficient conditions in constrained optimization," *Mathematical Programming*, vol. 37, no. 1.

[45] D.P. Bertsekas, "Constrained optimization and Lagrange multiplier methods," *Academic Press*, 1982.

[46] D. Luce and H. Raifa, *Games and Decision: introduction and critical survey*., 1989.

[47] J. Frayssé, "Equilibres de Cournot dans les grands marchés," *Monographies d'Econométrie*, 1986.

[48] R. Goldberg and G. Saucier, "Personality, character and temperament: the cross-language structure of traits," *Psychologie française*, vol. 51(3), pp. 265-284, 2006.

[49] James J. Buckley and Leonard J. Jowers, *Simulating Continuous Fuzzy Systems*., 2005, vol. 188.

[50] David I. Brubaker, "Fuzzy-logic Basics: Intuitive Rules Replace Complex Math," *EDN Asia*, pp. 59-63, August, 1992.

[51] Cheng Chi-Bin, Henry Chan Chu-Chai, and Lin Cheng-Chuan, "Buyer-Supplier Negotiation by Fuzzy Logic Based Agents," *Buyer-Supplier Negotiation by Fuzzy Logic Based Agents,* vol. 2, 2005.

[52] L. Zadeh, *Fussy Sets. Information and Control*., 1965, vol. 8.

[53] P. Faratin, "Automated Service Negotiation Between Autonomous Computational Agents," Queen Mary College, London, England, PhD Thesis 2001.

[54] H. Raiffa, *The Art and Science of Negotiation*, Harvard University Press, Ed., 1982.

[55] D. G. Pruitt, *Negotiation Behavior*, Academic Press, Ed., 1981.

[56] Robert Mnookin, "Surmonter les obstacles dans la résolution des conflits," *cairn*, no. 153, pp. 237 - 254, juin 2004.

[57] Zhang Hong and Qiu Yuhui, "Negotiation Based on Personality," in *IFIP International Federation for Information Processing*. China, 2005, vol. 163 , pp. 45-49.

[58] M. Wooldridge and N.R. Jennings, "Applications of Intelligent Agents," *Springer-Verla*, vol. 3, p. 13, 1998.

[59] A. Chavez and P. Maes, "Kasbah : An Agent Marketplace place for Buying and selling Goods," *In Proceedings of the First International Conference on the Practical Application of Intelligent Agents and Multi-Agent Technology*.

[60] Ken Binmore and Nir Vulkan, "Applying Game Theory," *Economics, Game Theory and the Internet*, April 1997.

[61] C. Sierra, N.R. Jennings, and P. Faratin, "Using similarity criteria to make issue trade-offs," *Artificial Intelligence*, vol. 142, pp. 205–237, 2002.

[62] P. Maes, "Intelligent Software : Programs that can act independently will ease the burdens that computers put on people," *Scientific American*, vol. 273, no. 3, pp. 84-86, September 1995.

[63] Joseph Weizenbaum, "ELIZA—a computer program for the study of natural language communication between man and machine," *ACM*, vol. 9, no. 1, January 1966.

[64] Y. Shoham, "An overview of agent-oriented programming," *In J.M.Brashaw*, pp. 271-290, 1997.

[65] N. R. Jennings, "Agent-based software engineering," *Artificial Intelligence*, vol. 117, no. 2, pp. 277-296, 2000.

[66] Ferber J., *Les systèmes multi-agents : vers une intelligence collective*, Inter-Editions ed. Paris, 1995.

[67] N.R. Jennings and M. Wooldridge, "Agent-Oriented Software Engineering," *In Handbook of Agent Technology (ed. J. Bradshaw)*, 2000.

[68] N.R. Jenning, K. Sycara, and M. Wooldridge, "A Roadmap of Agent Research and Development," *Autonomous Agents and Multi-Agent Systems*, vol. 1, no. 1, pp. 7-38, July 1998.

[69] J-C Pomerol, "Artificial Intelligence and Human Decision Making," *European Journal of Operations Research*, vol. 99, pp. 3-25, 1997.

[70] K. Fisher, J.P. Müller, and M. Pischel, "Unifying control in a layered agent architecture," *Agent Theory, Architecture and Language Workshop 95*, pp. 240-252, 1995.

[71] M. S. El-Nasr, T. R. Ioerger, and J. Yen, "Learning and Emotional Intelligence in Agents," *In: Proceedings of AAAI (American Association for Artificial Intelligence) Fall Symposium on Emotional Intelligence*, 1998.

[72] J. Gratch and S. Marsella, "A domain-independant Framework for modeling emotion," *Journal of Cognitive Systems Research*, vol. 5, no. 4, pp. 269-306, 2004.

[73] Tuomas Sandholm, "eMediator: A next generation electronic commerce server," *Computational Intelligence*, vol. 18, no. 4, 2002.

[74] Peter R. Wurman, Michael P. Wellman, and William E. Walsh, "The Michigan Internet AuctionBot: a configurable auction server for human and software agents," *AGENTS '98 Proceedings of the second international conference on Autonomous agents*, May 1998.

[75] L. A. Zadeh, "Fuzzy sets," *Information and Contro*, vol. 8, pp. 338-353, 1965.

[76] E. H. Mamdani and S. Assilian, "An experiment in linguistic synthesis with a fuzzy logic controller," *International journal of Man-Machine Studies*, vol. 7, pp. 1-13, 1975.

[77] José Alonso, Luis Magdalena, and Serge Guillaume, "Kbct: A knowledge extraction and representation tool for fuzzy logic based systems," *FUZZ'IEEE 2004*, pp. 989-994, July 2004.

[78] Bernadette Bouchon-Meunier and Christophe Marsala, *Logique floue, principes, aide à la décision*, Lavoisier ed., 2003.

[79] Didier Dubois and Henri M. Prade, *Fundamentals of fuzzy sets*.: Kluwer Academic Publishers, 2000.

[80] D. Dubois and H. Prade,., 1991, vol. 40, pp. 143-202.

[81] H. Prade and D. Dubois, "What are fuzzy rules and how to use them," *Fuzzy Sets and Systems*, vol. 84, no. 2, pp. 169-186, 1996.

[82] B. Guerrien, *La théorie des jeux*.: Economica Poche, 1995.

[83] G. Demange and J.P. Ponssard, *Théorie des Jeux et analyse économique*.: PUF, 1994.

[84] J. McMillan, *Games, Strategies and Managers*. Oxford: Oxford University, 1992.

[85] G. Giraud, *La théorie des jeux*.: Champs Université Flammarion, 2000.

[86] M. Kreps, *Théorie des Jeux et modélisation économique*. Paris: Dunod, 1999.

[87] Gabrielle Demange and Jean-Pierre Ponssard, "Théorie des Jeux et analyse économique," *Alternatives Economiques*, no. 126 , 1995.

[88] Andreu Mas-Colell, Michael D. Whinston, and Jerry R. Green, *Microeconomic Theory*., 1995.

[89] Roger B. Myerson, *Game Theory : Analysis of Conflict*.: Harvard University Press, 1991.

[90] Kare Anderson, *Getting what you want: how to reach agreement and resolve conflict every time*., 1994.

[91] Rubinstein Osborne, *A Course in Game Theory. Pour des introductions plus élémentaires*., 1994.

[92] Gaêl Giraud, *La théorie des jeux*.: Flammarion, 2000.

[93] Martin J. Osborne, *An Introduction to Game Theory*.: Oxford University Press, 2004.

[94] Robert J Aumann, "Correlated Equilibrium as an Expression of Bayesian Rationality," *Econometrica*, vol. 55, no. 1, pp. 1-18, 1987.

[95] D. K. Levine, *The Castle on the Hill*, this issue ed.: Review of Economic Dynamics, 2000.

[96] David Marc Kreps, *Théorie des Jeux et modélisation économique*.: DUNOP, 1999.

[97] Ligon Ethan, P. Thomas Jonathan, and Worrall Tim, *Mutual Insurance Individual Savings and Limited Commitment*.: Review of Economic Dynamics, 2000.

[98] R. Aumann, "Bakcward Induction and Common Knowledge of Rationality," *Games and Economic Behavior*, vol. 8, pp. 6-19, 1995.

[99] T. Pénard, "La théorie des jeux répétés : un instrument de décisions pour les autorités concurrentielles," *Revue Economique*, vol. 49, pp. 743-753, Mai 1998.

[100] J. F. Nash, "The bargaining problem," *Econometrica*, vol. 18, pp. 155-162, 1950.

[101] Howard Raiffa, John Richardson, and David Metcalfe, "Negotiation Analysis. The Science and Art of Collaborative Decision Making.," *Harvard University Press.*, 2003.

[102] G.Saucier and R.Goldberg, "Personality, character and temperament: the cross-language structure of traits," *Psychologie française*, vol. 51(3), pp. 265-284, 2006.

[103] Peyman Faratin, Carles Sierra, and Nick R. Jennings, "Negotiation decision functions for autonomous agents," *International Journal of Robotics and Autonomous Systems*, vol. 24, 1998.

BIBLIOGRAPHIE DE L'AUTEUR

- « Reinforcement Q-Learning and Neural Networks to Acquire Negociation Behavior », AChohra, K.Madani, D.Kanzari, Studies in Computational Intelligence (SCI), Springer series, Vol.134, NT Nguyen and R.Katarzyniak (Eds), ISBN:978-3-540-79354-0, pp.23-33,2008.

- « SISINE: A Negotiation Training Dedicated Multi-Player Role-Playing Platform Using Artificial Intelligence Skills", K.Madani, A.Chohra, A.Bahrrammizaie, D. Kanzari, Modèles et Apprentissages en Sciences Humaines et Sociales (MASHS 2008), CD-ROM proceeding, Créteil, France, 5-6 May, 2008(16 pages article).

- "Fuzzy Cognitive and Social Negotiation Agent Strategy for Computational Collective Intelligence ». Amine Chohra, Kurosh Madani, Dalel Kanzari1st International Conference on Computational Collective Intelligence - Semantic Web, Social Networks & Multiagent Systems ICCC09. 5-7 October 2009.

- "Rational strategy to perform automated bilateral negotiation». Dalel Kanzari, Khaled Mellouli. International Conference on Information Technology and e-Services-ICITeS'2011. 10-12 Avril 2011.

Résumé:

Mots-clés: négociation automatisée, stratégies, agent intelligent hybride, personnalité, rationalité.

La négociation est un mécanisme de résolution des conflits et de coordination entre deux ou plusieurs agents d'intérêts conflictuels. Mais dans un contexte où l'information sur les stratégies des adversaires est inconnue et où l'aspect psychologique de l'agent négociateur, en termes de personnalité (tel que le tempérament) et de rationalité, peut influencer sur le processus et les résultats de la négociation, la modélisation d'un agent virtuel intelligent simulant le comportant humain au cours du processus de négociation automatisée devient nécessaire.
L'objectif de notre thèse, est de modéliser et simuler des comportements de négociation en faisant appel aux techniques de l'Intelligence Artificielle impliquant la logique floue, et de la théorie des jeux apportant des solutions aux problèmes de stratégie, de coopération, et de compétition. Dans une telle structure, un agent virtuel négociateur devra être capable d'apprendre des comportements de négociation (de coopération, de compétition, ou de neutralité) lui permettant de s'adapter intelligemment aux éventuels changements de l'environnement (relativement aux comportements d'un agent adversaire) afin d'atteindre son objectif.
Le présent modèle, dit Perso-Rationnel, tire avantage au cours du processus de négociation automatisée, du caractère tempéramentale humain tels que conciliateur, agressif, ou neutre, et du raisonnement rationnel de collaboration et de partage des gains, afin d'aboutir à un accord final mutuel répondant aux objectifs initiaux de conception.
Nous avons expérimenté notre modèle à travers un processus de négociation du prix d'un bien entre un agent vendeur de stratégie dépendante du temps (Faratin) et un agent acheteur de stratégie Perso-rationnelle.
Les différentes expérimentations ont montré une prédominance de la présente stratégie en termes de gain d'utilité, gain du temps de négociation, et garantie de compromis final.

Abstract:

Keywords: automated negotiation, strategies, hybrid intelligent agent, personality, rationality.

Negotiation is a conflicts' resolution mechanism that favors coordination between two or several agents having conflicting interests to reach final agreement.
But in a context where the information about the opponents 'strategies is unknown and where the psychological aspect of the negotiating agent, in terms of personality and rationality, can influence the negotiation process and outcomes, the modeling of a virtual intelligent agent endowed with human's behavior becomes necessary.
The objective of our thesis is to model a set of negotiation's behavior by applying artificial intelligence's techniques, involving fuzzy logic and game theory, to give solutions to the strategies 'problems, cooperation, and competition.
In such structure, a negotiator agent is able to learn negotiation behavior (such as cooperation, competition, or neutrality) in order to adapt intelligently to the environment changes and to reach predefined purpose.
The proposed model, called Perso-rational, takes advantages, during automated negotiation process, from the human personality and rationality to find an equilibrium state that satisfy mutually the separate agents' requirements.
We experimented our model through a process of a good's price negotiation between a seller endowed with the Time dependent's strategy (Faratin) and a buyer endowed with the Perso-rational strategy.
The various experiments showed the advantages of the Perso-rationnel strategy to reach the better utility's gain (independently of opponent's tactics), to reduce time spent on negotiation, and to guarantee a final beneficial compromise.