Un modèle de négociation basé sur la logique possibiliste

A possibilistic logic modeling of autonomous agents negotiation

Leila Amgoud Henri Prade

Institut de Recherche en Informatique de Toulouse (IRIT)
118, route de Narbonne, 31062 Toulouse, France
{amgoud, prade}@irit.fr

Résumé

La négociation joue un rôle central dans les dialogues entre des agents qui essayent d'arriver à un accord commun quant au partage d'informations ou de ressources. Le processus de négociation est fondé sur le compromis qui survient en raison des préférences des agents (de leurs buts) : un agent peut être disposé à faire des concessions si cela lui permet d'atteindre un état qui le satisfait au moins potentiellement.
Cet article propose une nouvelle approche qui essaye d'intégrer les mérites des méthodes de négociation basées sur l'argumentation et ceux des méthodes basées sur les heuristiques de recherche de compromis.
La logique possibiliste s'avère commode non seulement pour représenter les états mentaux des agents (des croyances éventuellement entachées d'incertitude, des buts avec des priorités), mais également pour mettre à jour les bases de croyances et décrire la procédure de décision pour le choix d'une nouvelle offre. La logique possibiliste joue donc ici un rôle unificateur.
Cette nouvelle approche est illustrée sur un exemple de marchandage (donc dans un cadre numérique), et sur un exemple de choix d'une destination pour des vacances (donc dans un cadre qualitatif et symbolique).

Mots Clef

Systèmes Multi-Agents, Négociation, Logique Possibiliste.

Abstract

Negotiation plays a key role in agent dialogue encounters as a means for sharing information or resources with the aim of looking for a common agreement. The process of negotiation is founded upon the notion of compromise and this comes about as a result of agent's preferences (goals): an agent may be willing to make concessions if in so doing, preferred states of affairs are obtained. This paper proposes a new approach which try to integrate both the merits of argumentation-based negotiation and heuristics methods looking for making trade-offs.
Possibilistic logic is used as a unified setting, which proves to be convenient not only for representing the mental states of the agents (beliefs possibly pervaded with uncertainty, and prioritized goals), but also for revising the belief bases and for describing the decision procedure for selecting a new offer. The approach is illustrated on two different examples. One takes place in a numerical setting, since it deals with a simplified price bargaining problem. The other, which is about choosing a common destination for holidays, involves a symbolic interpretation domain.

Keywords

Multi-Agents Systems, Negotiation, Possibilistic Logic.

1 Introduction

La négociation est généralement considérée comme un problème clé dans le développement de systèmes multi-agents. Dans la plupart des applications de tels systèmes, les composantes autonomes des agents doivent interagir à cause des liens existant entre elles, et la négociation est le mécanisme prédominant pour réaliser cette interaction.
Tous les mécanismes de négociation sont basés sur l'échange d'offres. Les agents font des propositions qu'ils trouvent acceptables et répondent aux propositions qui leur sont faites. En raison de son caractère répandu, la négociation est un sujet qui a été intensivement étudié dans différents domaines comme la théorie des jeux, l'économie et les sciences de la gestion.
Les travaux sur la négociation dans le cadre multi-agents peuvent être divisés en deux catégories. La première s'est principalement concentrée sur le calcul numérique des offres en termes d'utilités, et sur la recherche des concessions lorsque cela est nécessaire e.g.[14, 16, 17, 24]. Ce type d'approches emploie souvent des heuristiques et n'incorpore pas de mécanismes pour modéliser des processus de persuasion.
Récemment, une deuxième ligne de recherche a montré l'intérêt de l'argumentation dans les processus de

négociation ([15, 19, 22, 20, 23]). Ces travaux se sont concentrés sur la nécessité d'appuyer les offres par des arguments pendant une négociation. En effet, une offre soutenue par un bon argument a une meilleure chance d'être acceptée par un agent, et peut également amener un agent à dévoiler ses buts ou encore à lâcher certains buts. Ces travaux ont donc été amenés à proposer des protocoles pour manipuler des arguments. Dans [3], les auteurs ont présenté un modèle formel de raisonnement montrant comment des arguments sont construits à partir des bases de connaissances des agents et comment ces arguments sont évalués. Cependant, ces approches ont quelques limitations. En effet le processus de négociation, comme reconnu par la première catégorie d'approches, est fondé sur la notion de compromis qui résulte des préférences des agents (buts) : un agent peut faire des concessions si cela lui permet d'atteindre un état acceptable. Cependant, les approches basées sur l'argumentation n'indiquent pas clairement comment les buts sont manipulés et mis à jour lorsque cela est nécessaire, comment un agent choisit une offre qui naturellement devrait satisfaire ses buts et comment un compromis peut être trouvé.

Cet article propose une nouvelle approche qui essaye d'intégrer les mérites des méthodes de négociation basées sur l'argumentation et ceux des méthodes basées sur les heuristiques. Dans la nouvelle approche, la logique possibiliste est employée pour décrire le processus entier de négociation.

En effet, pour modéliser un dialogue de type négociation, il faudrait définir d'une part les agents qui négocient. Les agents BDI, par exemple, sont définis par leurs *croyances*, leurs *désirs* et enfin des *intentions*. Il faudrait donc une logique pour représenter toutes ces connaissances. D'autre part, il faudrait préciser le langage de communication (les actes de dialogue) ainsi que le protocole. Durant, une négociation, les agents sont amenés à *réviser* leurs bases, à *décider* quel coup jouer à chaque tour et enfin décider quel sera le contenu du coup. En plus d'une logique pour représenter les connaissances, il faudrait donc aussi un modèle de révision et un autre pour la prise de décision.

La logique possibiliste offre un cadre unifié pour représenter non seulement les états mentaux des agents (y compris des degrés de croyance sur le monde et des buts avec priorités), mais aussi pour mettre à jour les bases de croyances ou les ensembles de buts, et pour décrire la procédure de décision pour choisir une nouvelle offre et un nouvel acte à jouer.

Par conséquent, cet article se focalise sur la représentation des connaissances et le raisonnement nécessaire pour établir des dialogues de type négociation entre des agents.

Cet article est organisé comme suit : la section 2 introduit les notions de base de la logique possibiliste. Dans la section 3, nous décrivons les états mentaux des agents (leurs différentes bases). La section 4 présente les différents actes permis durant une négociation, et explique, pour chaque acte, les pré-conditions qui doivent être satisfaites pour avancer un tel acte et les post-conditions qui résultent de l'exécusion de l'acte. Dans la section 5 nous présentons un cadre formel de négociation et dans les sections 6 et 7 nous l'illustrons par deux exemples : le premier dans un cadre de marchandage et le second dans un cadre de choix de destination touristique.

2 Les définitions de base de la logique possibiliste

Soit $\mathcal{L}$ un langage propositionnel sur un alphabet fini $\mathcal{P}$. Ω est l'ensemble de toutes les interprétations de $\mathcal{L}$. $\vdash$ dénote l'inférence classique et $\equiv$ dénote l'équivalence logique. Soit ϕ une formule, $[\phi]$ dénote l'ensemble de tous ses modèles. $\omega \models \phi$ veut dire que ω est un modèle de ϕ.

L'outil de représentation utilisé dans cet article est la logique possibliste où des formules logiques classiques sont associées avec des bornes inférieures de mesures de nécessité ([10, 11]).

Au niveau sémantique, la notion de base en logique possibiliste est la *distribution de possibilité*, dénotée par π. Il s'agit d'une fonction allant de Ω à $[0, 1]$. $\pi(\omega)$ représente le degré de compatibilité de l'interprétation ω avec les croyances disponibles sur l'environnement si on représente des connaissances incertaines, ou bien un degré de satisfaction si on représente des préférences sur des choix. Lorsqu'on modélise des connaissances, $\pi(\omega) = 1$ veut dire qu'il est totalement possible que ω soit le monde réel, $1 > \pi(\omega) > 0$ signifie qu'il est seulement possible que ω soit le monde réel et enfin $\pi(\omega) = 0$ signifie qu'il est certain que ω n'est pas le monde réel.

A partir d'une distribution de possibilité π, deux mesures peuvent être définies pour une formule donnée ϕ : un *degré de possibilité* et un *degré de certitude* (ou de *nécessité*) :

- Le *degré de possibilité* ϕ, $\Pi(\phi) = max\{\pi(\omega) : \omega \in [\phi]\}$, évalue dans quelle mesure ϕ est cohérente avec l'information disponible représentée par π.

- Le *degré de certitude* (ou de *nécessité*), $N(\phi) =$ 1 - $\Pi(\neg\phi)$, évalue dans quelle mesure ϕ peut être inférée à partir des croyances disponibles. Ainsi, $N(\phi) = \min\{1 - \pi(\omega), \omega \models \neg\phi\}$.

Ainsi, la mesure de nécessité d'une formule ϕ est égale au complément à 1 de la *possibilité* la plus élevée attachée à une interprétation ω qui falsifie ϕ.

Au niveau syntaxique, *une formule possibiliste* a la forme suivante : (p, α) avec $p \in \mathcal{L}$ est une formule classique et α est un degré de certitude ou de priorité. Ce degré peut être soit une valeur numérique dans l'intervalle [0,1], soit il appartient à une échelle qualitative constituée d'un nombre fini de niveaux ordonnés linéairement. Dans la suite de cet article, nous utiliserons une représentation numérique des différents degrés (certitude et priorité). Intuitivement, une formule (p, α) signifie que p est au moins certaine à un degré α (c.a.d $N(p) \geq \alpha$, avec N est une mesure de nécessité qui reflète l'information disponible).

La sémantique d'un ensemble Δ de formules classiques est définie par un sous-ensemble $M(\Delta) \subset \Omega$ qui satisfait toutes les formules de Δ. Chaque interprétation $\omega \in M(\Delta)$ est appelée un *modèle*. Pour un ensemble de formules possibilistes $\mathcal{B} = \{(p_i, \alpha_i), i = 1, \ldots, n\}$, la sémantique est exprimée par une *distribution de possibilité* π sur Ω qui caractérise l'ensemble flou des modèles $M(\mathcal{B})$. Plus précisemment, $\mathcal{B}$ induit un ordre de préférence sur Ω via $\pi_{\mathcal{B}}$ comme montré dans [11]:

Définition 1 *$\forall\ \omega \in \Omega$,*
$$\pi_{\mathcal{B}}(\omega) = \begin{cases} 1 si \omega \models p_i,\ \forall\ i \\ 1 - max\{\alpha_i,\ \omega \not\models p_i\},\ sinon \end{cases}$$
Comme on peut le voir, $\pi_{\mathcal{B}}(\omega)$ est élevé lorsque ω n'est pas un contre-modèle d'une formule p_i ayant un poids élevé α_i. On peut aussi vérifier que $N_{\mathcal{B}}(p_i) \geq \alpha_i$, où $N_{\mathcal{B}}$ est la mesure de nécessité définie à partir de $\pi_{\mathcal{B}}$. Dans ce qui suit, $\pi_{\mathcal{B}}$ et $N_{\mathcal{B}}$ dénoteront les mesures de possibilité et de nécessité associées à une base $\mathcal{B}$.

3 Représentation de l'état mental d'un agent

Dans cet article, nous nous limitons à un dialogue de type négociation entre deux agents a et $\overline{a}$. Ce travail pourrait cependant être étendu à plus de deux agents. Nous supposons aussi que la négociation porte sur un seul objet O.
Comme dans [19], chaque agent est censé avoir un ensemble statique $\mathcal{G}$ de buts à poursuivre. Un agent est aussi équipé d'une base de connaissances, $\mathcal{K}$, qui contient toutes les informations que l'agent possède sur l'environnement. Enfin, chaque agent possède une base $\mathcal{GO}$ contenant ce que l'agent croit être les buts de l'autre agent. La base de connaissances peut être entachée d'incertitude (les croyances sont plus ou moins sûres), et les buts peuvent ne pas avoir le même degré de priorité. Ainsi, nous assignons des niveaux de certitude aux formules dans la base de connaissances, et des niveaux de priorité aux buts. Nous obtenons trois bases possibilistes qui modélisent des connaissances et des préférences graduelles.

$$\mathcal{K} = \{(k_i, \alpha_i),\ i = 1, \ldots, n\}$$
$$\mathcal{G} = \{(g_j, \beta_j),\ j = 1, \ldots, m\}$$
$$\mathcal{GO} = \{(go_l, \delta_l),\ l = 1, \ldots, p\}$$

où k_i, g_j, go_l sont des formules de $\mathcal{L}$ et α_i, β_j, δ_l sont des éléments de $[0, 1]$.
Les différentes bases de l'agent a sont notées $\mathcal{K}_a$, $\mathcal{G}_a$ et $\mathcal{GO}_a$ et celles de l'agent $\overline{a}$ sont notées $\mathcal{K}_{\overline{a}}$, $\mathcal{G}_{\overline{a}}$ et $\mathcal{GO}_{\overline{a}}$.

A chacune des trois bases est associée une distribution de possibilité : $\pi_{\mathcal{K}}$, $\pi_{\mathcal{G}}$ et $\pi_{\mathcal{GO}}$.
Dans [21], un agent est représenté par trois attitudes mentales : les croyances, les désirs et les intentions. Ces attitudes mentales sont représentées dans une logique modale. Notons que dans son modèle, Sadek ne parle pas de degrés de priorité entre les buts d'un agent et l'incertitude des croyances est représentée par un opérateur modale. Révision de croyances et décision y sont décrites au moyen de règles.

Remarque 1 *Nous supposons qu'un agent ne peut pas changer ses buts durant une négociation, par contre il peut être amené à* réviser *ses croyances contenues dans $\mathcal{K}$ ou dans $\mathcal{GO}$.*

Soit X l'ensemble de toutes les offres qui peuvent être faites durant un processus de négociation par chacun des agents. Il s'agit en fait des valeurs que peut prendre l'objet de négociation O. Pour des raisons de simplicité, nous supposons que l'ensemble X est commun aux deux agents. Cependant, nous pouvons étendre cela et supposer que chaque agent possède son propre ensemble (X_a et $X_{\overline{a}}$).
Les éléments x de X sont considérés comme des variables propositionnelles. Nous dénotons par $\mathcal{K}_a^x$ l'état de croyances de l'agent a à propos de x. En effet, $\mathcal{K}_a^x$ est la projection de $\mathcal{K}_a$ sur toutes les croyances qui concernent x directement ou indirectement.

4 Les actes de négociation

Comme dans [2, 3], afin de capturer un dialogue de type négociation entre des agents, nous utilisons une variante du système DC introduit par [18] pour modéliser des dialogue de type *persuasion*. Dans ce système, les agents disposent d'un ensemble de coups qu'ils peuvent jouer au cours d'un dialogue comme par exemple, affirmer des données. Ces coups sont en fait des actes de langage. De manière similaire, pendant une session de négociation, les agents sont autorisés à réaliser des *actes* qui expriment des *offres*, des *défis*, des *arguments* (ayant pour but de soutenir ou d'éliminer une offre courante), etc... Le choix du meilleur acte à jouer à une étape donnée pour un agent tire profit de la modélisation possibiliste des buts et des croyances.

Dans notre modèle de négociation, nous considérons l'ensemble des coups du système DC auquel nous ajoutons de nouveaux actes propres à la négociation. $\mathcal{M}$ dénote l'ensemble complet des actes. $\mathcal{M}$ = {Offrir, Défier, Argumenter, Accepter, Refuser, Se Retirer}.

Notons qu'il s'agit de l'ensemble *minimal* de coups qui permet de modéliser une négociation. Ainsi, les agents sont autorisés à faire des offres, défier une offre, justifier une offre par des arguments, accepter ou refuser une offre, et enfin, un agent est aussi autorisé à se retirer d'une négociation.

En plus de la sémantique des trois bases, chaque agent maintient une autre distribution de possibilités $\Pi_{\mathcal{M}}(m_i) = \eta_i$ où $m_i \in \mathcal{M}$ et $i = 1, \ldots, 6$. Le degré η_i représente dans quelle mesure il est possible pour un agent d'avancer l'acte m_i. Cependant, l'ensemble $\mathcal{M}$, qui fait référence à des actes de langage, n'est pas de la même nature que les trois autres bases qui contiennent plutôt des croyances et des préférences (même si la sémantique de chacune des trois bases est aussi modélisée en termes de distributions de possibilité). En effet, les éléments de $\mathcal{M}$ sont des actions avec des pré-conditions et des post-conditions.

Contrairement à la sémantique basée sur les *états mentaux* des agents définie dans [7], la sémantique du *langage de communication d'agent* (ACL) utilisé dans ce travail est basée sur les *engagements sociaux* pris par les agents durant une négociation. En effet, les agents proposent des offres et des arguments, par exemple, à partir de *tableaux d'engagements* (CS) visibles par les deux agents. Ainsi, les actes stockés dans le tableau d'engagements d'un agent sont considérés comme étant les engagements de cet agent.
Ainsi, pour une négociation entre deux agents a et $\overline{a}$, chaque agent connaît tout ce qu'il y a dans ses propres bases et tout ce qu'il y a dans les deux tableaux d'engagements. Le contenu des deux tableaux d'engagements CS_a et $CS_{\overline{a}}$ peut être vu comme étant l'état du dialogue à n'importe quelle étape du dialogue et le CS d'un agent contient l'ensemble des faits sur lesquels cet agent s'est engagé.

Dans ce qui suit, nous spécifions pour chaque acte comment les CS et les états mentaux des agents sont révisés après cet acte, et nous précisons les différents actes que l'autre agent peut jouer à l'étape suivante de la négociation. Enfin, nous spécifions pour chaque acte quand il peut être envisagé. Il s'agit ici de la procédure de décision utilisée par les agents. Dans cet article, nous supposons qu'un agent est capable d'évaluer dans quelle mesure il est *certain* que ses buts prioritaires sont satisfaits (compte tenu de ses croyances) lorsqu'une offre x vient d'être faite. Ceci est évalué dans le cadre possibiliste comme suit :

$$N_{\mathcal{K}^x}(\mathcal{G}) = min_\omega \max(\pi_{\mathcal{G}}(\omega),\, 1 - \pi_{\mathcal{K}^x}(\omega)).$$

Cet indice de décision (par rapport à l'offre x à faire) a été justifié de façon axiomatique dans le cadre de la prise de *décision qualitative pessimiste* ([9, 13]). In correspond à une évaluation pessimiste puisqu'elle chutera dès qu'il existe une interprétation plausible qui viole un but important.
Le choix d'un élément x basé sur l'indice ci-dessus est donné ici sémantiquement (c-à-d, en termes de distributions de possibilités). Il peut être également obtenu directement à partir des bases possibilistes $\mathcal{K}$ et $\mathcal{G}$ [8]. D'une manière semblable, un agent peut calculer dans quelle mesure il est *possible* qu'une offre x soit acceptable pour l'autre agent, selon ses croyances. Ceci est calculé comme suit :

$$\Pi_{\mathcal{K}^x}(\mathcal{GO}) = max_\omega \min(\pi_{\mathcal{GO}}(\omega),\, \pi_{\mathcal{K}^x}(\omega)).$$

Nous supposons que c'est à l'agent a de jouer c'est-à-dire d'effectuer un "coup" à l'adresse de l'agent $\overline{a}$.

4.1 Les actes de base

Le coup de base en négociation est *Offrir.* Il permet aux agents de faire des offres. Par exemple, dans un contexte de marchandage, un agent suggère un prix. Dans un cadre de tourisme, un agent peut suggérer une destination de voyage.
L'idée de base est qu'un agent choisit une offre x qui n'a pas encore été rejetée et qui maximise la certitude $N_{\mathcal{K}^x_a}(\mathcal{G}_a)$ de la satisfaction des buts importants de l'agent et aussi la possibilité $\Pi_{\mathcal{K}^x_a}(\mathcal{G}O_a)$, que x soit acceptable pour l'autre agent $\overline{a}$. Notons que nous supposons que l'agent est *coopératif.* Il essaye de satisfaire ses propres buts tout en prenant en compte les buts de l'autre agent. Dans [4], nous avons présenté le cas d'un agent non coopératif.
Une offre peut amener l'agent qui la reçoit à modifier ce qu'il croit être les buts de l'autre agent.

Offrir(x) où x est une formule de X.
Pré-conditions:

- $X \neq \emptyset$. C'est-à-dire qu'il reste au moins une offre.
- $\Pi_{\mathcal{M}_a}(Offrir) = 1$. Cela signifie que l'offre est tout à fait possible.
- Parmi les éléments de X, choisir x qui maximise $\mu_a(x) = \min(N_{\mathcal{K}^x_a}(\mathcal{G}_a), \Pi_{\mathcal{K}^x_a}(\mathcal{G}O_a))$.

Post-conditions:

- $CS_i(a) = CS_{i-1}(a) \cup \{x\}$ et $CS_i(\overline{a}) = CS_{i-1}(\overline{a})$.
- L'agent $\overline{a}$ modifie $\pi_{\mathcal{G}O_{\overline{a}}}$ en $\pi'_{\mathcal{G}O_{\overline{a}}}$ tel que :

$$max_\omega min(\pi'_{\mathcal{G}O_{\overline{a}}}(\omega), \pi_{\mathcal{K}^x_{\overline{a}}}(\omega)) = 1$$

  Cette condition exprime sémantiquement la cohérence des croyances de $\overline{a}$ sur le monde et les buts de a si l'offre x a lieu. Si cette condition est déjà vérifiée pour $\pi_{\mathcal{G}O_{\overline{a}}}$, aucune révision n'aura lieu; sinon une révision possibiliste [12] est appliquée. Cette dernière consiste à mettre à 1 le degré de possibilité de l'interprétation (ou des interprétations) qui maximise

$$min(\pi_{\mathcal{GO}_{\overline{a}}}(\omega), \pi_{\mathcal{K}_{\overline{a}}^{x}}(\omega)).$$

Cette opération a une contre-partie directe au niveau syntaxique [12].

- $\Pi_{\mathcal{M}_{\overline{a}}}(Accepter) = \Pi_{\mathcal{M}_{\overline{a}}}(Refuser) = \Pi_{\mathcal{M}_{\overline{a}}}(Defier) = \Pi_{\mathcal{M}_{\overline{a}}}(Offrir) = 1$ et $\Pi_{\mathcal{M}_{\overline{a}}}(Argumenter) = \Pi_{\mathcal{M}_{\overline{a}}}(Retirer) = 0$. Cela signifie que les seules réponses possibles à une offre sont : l'accepter, la refuser, la défier ou bien présenter une nouvelle offre.

Le coup suivant incite l'agent qui le reçoit à donner une réponse, et plus précisemment un argument. Un agent demande un argument lorsque l'offre qui lui a été faite n'est pas acceptable pour lui et qu'il sait qu'il reste encore des offres non rejetées dans X.

Défier(x) avec x est une formule dans $\mathcal{L}$.
Pré-conditions:

- $\Pi_{\mathcal{M}_a}(Défier) = 1$.
- $N_{\mathcal{K}_a}(\mathcal{G}_a) \geq 0$ mais n'est pas maximum sur l'ensemble des offres restantes.

Post-conditions:

- $CS_i(a) = CS_{i-1}(a)$ et $CS_i(\overline{a}) = CS_{i-1}(\overline{a})$.
- $\Pi_{\mathcal{M}_{\overline{a}}}(Argumenter) = 1$ et $\forall\ m_i \neq Argumenter$, $\Pi_{\mathcal{M}_{\overline{a}}}(m_i) = 0$. Cela signifie que la seule réponse possible au coup "Défier" c'est le coup $Argumenter$.

Argumenter(S) avec $S = \{(k_i, \alpha_i), i = 1, n\} \subseteq \mathcal{K}_a$ est un ensemble de formules qui représentent le support d'un argument avancé par l'agent a (voir [3] pour la définition d'un argument). Notons que dans le système DC, les agents ne peuvent avancer qu'une seule formule propositionnelle à la fois. Ils sont donc incapables d'avancer un argument en une seule étape.

Dans un travail précédent [1], un dialogue de persuasion a été défini entre deux agents. L'idée fondamentale est que les agents échangent des arguments et des contre-arguments jusqu'à ce qu'ils arrivent à un accord sur les plus acceptables de ces arguments.

Pré-conditions: $\Pi_{\mathcal{M}_a}(Argumenter) = 1$.
Post-conditions:

- $CS_i(a) = CS_{i-1}(a) \cup S$ et $CS_i(\overline{a}) = CS_{i-1}(\overline{a})$.
- Si S est acceptable (selon la définition donnée dans [1]), l'agent $\overline{a}$ révisera sa base $\mathcal{K}_{\overline{a}}$ en une nouvelle base $(\mathcal{K}_{\overline{a}})^*(S)$; voir [12] pour la révision au sujet d'une entrée incertaine forcée de rester dans la base après révision, la définition de $(\mathcal{K}_{\overline{a}})^*(S)$ et son calcul.
- $\Pi_{\mathcal{M}_{\overline{a}}}(Accepter) = \Pi_{\mathcal{M}_{\overline{a}}}(Offrir) = \Pi_{\mathcal{M}_{\overline{a}}}(Defier) = \Pi_{\mathcal{M}_{\overline{a}}}(Argumenter) = 1$ et $\Pi_{\mathcal{M}_{\overline{a}}}(Refuser) = \Pi_{\mathcal{M}_{\overline{a}}}(Retirer) = 0$.
De manière informelle, cela signifie qu'après un argument, l'autre agent peut accepter tout le *support* de l'argument, défier un élément de ce *support*, présenter un contre-argument ou faire une nouvelle offre.

Un agent peut à n'importe quel moment se retirer de la négociation s'il n'a pas d'offre acceptable à proposer.

Se Retirer
Pré-conditions:

- $\Pi_{\mathcal{M}_a}(SeRetirer) = 1$.
- $\forall x,\ \mu_a(x) = \min(N_{\mathcal{K}_a^x}(\mathcal{G}_a), \Pi_{\mathcal{K}_a^x}(\mathcal{GO}_a)) = 0$ ou $X = \emptyset$.

Post-conditions:

- $CS_i(a) = \emptyset$ et $CS_i(\overline{a}) = \emptyset$.
- $\forall m_i \in \mathcal{M}, \Pi_{\mathcal{M}_{\overline{a}}}(m_i) = 0$. De manière informelle, cela signifie que l'autre agent ne peut avancer aucun acte et par conséquence la négociation s'arrête et les tableaux d'engagements sont vidés.

4.2 Les actes de réponses

Dans ce qui suit, nous présentons les coups qui viennent comme des réponses à une offre ou à un argument. Les réponses dépendent fortement du contexte, c-à-d du type du coup avancé à l'étape précédente.

Accepter(x) avec x est une formule de X. Après une offre, un agent peut répondre par une acceptation explicite si bien sûr l'offre est acceptable pour lui. Formellement, cela veut dire que x maximise $N_{\mathcal{K}_a^x}(\mathcal{G}_a)$.
Pré-conditions:

- $\Pi_{\mathcal{M}_a}(Accepter) = 1$.
- x maximise $N_{\mathcal{K}_a^x}(\mathcal{G}_a)$ parmi les éléments de X.

Post-conditions:

- $CS_i(a) = CS_{i-1}(a) \cup \{x\}$ et $CS_i(\overline{a}) = CS_{i-1}(\overline{a})$.
- $\Pi_{\mathcal{M}_{\overline{a}}}(Refuser) = 0$ et $\forall\ m_i \neq Refuser$, $\Pi_{\mathcal{M}_{\overline{a}}}(m_i) = 1$. L'autre agent peut donc jouer n'importe quel coup sauf le coup $Refuser$.

Accepter(S) S est un ensemble de formules dans $\mathcal{L}$.
Pré-conditions:

- $\Pi_{\mathcal{M}_a}(Accepter) = 1$.

Post-conditions:

- $CS_i(a) = CS_{i-1}(a) \cup S$ et $CS_i(\overline{a}) = CS_{i-1}(\overline{a})$.

- $\Pi_{\mathcal{M}_{\overline{a}}}(Refuser) = 0$ et $\forall\ m_i \neq Refuser$, $\Pi_{\mathcal{M}_{\overline{a}}}(m_i) = 1$. Dans ce cas aussi l'autre agent peut jouer n'importe quel coup sauf le coup $Refuser$

Un agent est aussi autorisé à refuser une offre si celle-ci n'est pas acceptable pour lui.

Refuser(x) où x est une formule de X.
Pré-conditions:

- $\Pi_{\mathcal{M}_a}(Refuser) = 1$.
- $\Pi_{\mathcal{K}^x_{\overline{a}}}(\mathcal{G}_a) = 0$.

Post-conditions:

- $CS_i(a) = CS_{i-1}(a)\backslash\{x\}$ et $CS_i(\overline{a}) = CS_{i-1}(\overline{a})$.
- $\Pi_{\mathcal{M}_{\overline{a}}}(Refuser) = 0$ et $\forall m_i \neq Refuser, \Pi_{\mathcal{M}_{\overline{a}}}(m_i) = 1$. Au tour suivant l'autre agent peut jouer n'importe quel coup sauf le coup $Refuser$
- $X = X - \{x\}$. Toute offre rejetée est supprimée de l'ensemble X des offres possibles.

On peut aussi penser réviser $\mathcal{GO}_{\overline{a}}$ sur la base du coup "Refuser(x)" avancé par l'agent a. Cependant pour simplifier, nous ne le faisons pas dans cet article.

5 Un modèle de négociation

Comme nous l'avons déjà signalé, nous considérons des dialogues de type négociation entre deux agents a et $\overline{a}$ uniquement.

Définition 2 (Un modèle de négociation) *Un modèle de négociation est un tuple <Joueurs, Coups, Dialogue, Terminaison> avec :*

Joueurs $= \{a, \overline{a}\}$ *est l'ensemble des agents impliqués dans la négociation.*

Coups *représente l'ensemble des coups bien formés. Un* coup *dans une négociation est un triplet: M* $= \langle S, H, Acte\rangle$ *tel que :*

- $S \in$ *Joueurs, l'agent qui fournit l'acte, est dénoté par* $S = Speaker(M)$.
- $H \in$ *Joueurs, l'agent à qui l'acte est adressé, est dénoté par* $H = Hearer(M)$.
- $Acte = Acte(M) \in \mathcal{M}$ *est l'acte lui-même.* $\mathcal{M}$ *rassemble tous les actes permis durant une négociation comme* Offrir, Défier, *etc.*

Dialogue $\mathcal{D}$ *est une séquence non vide de coups* M_1, *...,* M_p *telle que :*

- $Speaker(M_j) \neq Hearer(M_j)$. *Cette condition interdit à un agent d'adresser un coup à lui-même.*
- $Speaker(M_j) = a$ *ssi j est pair et* $Speaker(M_j) = \overline{a}$ *ssi j est impair. Cela veut dire que les deux agents jouent à tour de rôle.*
- $Speaker(M_0) = a$ *et* $Act(M_0) = Offrir$. *Notons que c'est toujours l'agent a qui commence la négociation en faisant une offre.*
- $\Pi_{\mathcal{M}_a}(Offrir) = 1$, *et* $\forall\ m_i \neq Offrir$, $\Pi_{\mathcal{M}_a}(Offrir) = 0$ *et* $\forall\ m_i$, $\Pi_{\mathcal{M}_{\overline{a}}}(m_i) = 0$. *Cela signifie qu'au début du dialogue le seul acte possible pour l'agent a est l'offre et aucun acte n'est possible pour l'agent* $\overline{a}$.
- $CS_0(a) = CS_0(\overline{a}) = \emptyset$. *Les deux tableaux d'engagements sont vides au début du dialogue.*
- *Pour chaque coup* M_j, M_k, *si* $j \neq k$ *alors* $Acte(M_j) \neq Acte(M_k)$. *Cette condition n'autorise pas un agent à répéter un acte qui a déjà été fait par lui-même ou par un autre agent. Cela garantit des dialogues non circulaires.*

Terminaison *est une fonction qui retourne le résultat de la négociation. Une négociation peut soit* réussir *si les deux agents trouvent un compromis soit* échouer *si un des deux agents se retire.*

On peut vérifier que toute négociation se termine et qu'un compromis peut être trouvé.

Propriété 1 *Toute négociation entre deux agents a et* $\overline{a}$ *se termine. De plus, elle se termine soit avec un acte* Accepter(x) *soit un acte* Se Retirer.

Propriété 2 *Un* compromis *x trouvé par les agents a et* $\overline{a}$ *maximise* $min(N_{\mathcal{K}^x_a}(\mathcal{G}_a), N_{\mathcal{K}^x_{\overline{a}}}(\mathcal{G}_{\overline{a}}))$, *à condition cependant que les agents ne se trompent pas sur les préférences de l'autre* $(\mathcal{GO})$.

6 Exemple de marchandage

En s'inspirant des travaux de Benferhat et col. [5, 6], nous illustrons le modèle ci-dessus dans un cadre de marchandage entre un vendeur $v = \overline{a}$ et un acheteur a. Chacun des deux agents possède deux distributions de possibilités sur les prix possibles.
Le premier type de distribution, $\pi_{\mathcal{G}_a}$ (respectivement $\pi_{\mathcal{G}_v}$) restreint les prix qui sont plus ou moins acceptables pour l'acheteur (respectivement le vendeur) à un stade donné de la négociation. Les interprétations préférées représentent les prix idéaux pour l'acheteur (respectivement le vendeur).
De manière similaire, le second type de distributions de possibilités ($\pi_{\mathcal{GO}_a}$ et $\pi_{\mathcal{GO}_v}$) représente les croyances de l'agent a (respectivement v) sur les prix qui sont plus ou moins acceptables pour l'autre agent v (respectivement a) à une étape donnée.

Bien que des contre-parties syntaxiques pourraient être exhibées pour ces distributions de possibilités, il n'est pas nécessaire de les considérer ici pour décrire le processus de négociation.
Dans cet exemple simplifié, les bases de connaissances $\mathcal{K}_v$ et $\mathcal{K}_a$ sont supposées vides. Par conséquence, les seuls actes permis sont : $\{Offrir$, *Accepter*, $Refuser$, *SeRetirer*$\}$.
Dans ce qui suit, nous ne présentons pas un dialogue réel entre les agents v et a, mais nous décrirons un cycle de négociation commençant par une offre "$Offrir(x)$" faite par le vendeur v.

1. L'agent v présente l'acte $Offrir(x)$ en choisissant parmi les éléments de X, un x qui maximise $\mu_v(x)$. $\mu_v(x)$ peut être simplifié en : $\min(\pi_{\mathcal{G}_v}(x), \pi_{\mathcal{GO}_v}(x)))$.
2. L'acheteur a modifie $\pi_{\mathcal{GO}_a}$ comme nous l'avons décrit dans les post-conditions d'une offre. Cela signifie dans ce cas que $\pi_{\mathcal{GO}_a}(x)$ est mise à "1" si ce n'était pas sa valeur.
3. L'agent a a trois possibilités :
   - accepter l'offre x si x maximise $\pi_{\mathcal{G}_a}(y)$ sur X. La négociation s'arrête à ce niveau.
   - refuser l'offre x si $\pi_{\mathcal{G}_a}(x) = 0$. Dans ce cas, x ainsi que les prix qui sont supérieurs à x sont supprimés de l'ensemble X. Le fait que les prix supérieurs à x soient aussi supprimés de X est un phénomène propre au problème de marchandage. De la même façon, si le vendeur v fait un acte $refuser(x)$, alors l'ensemble X est mis à jour en supprimant x ainsi que tous les prix inférieurs à x.
   - faire une nouvelle offre y qui maximise $\mu_a(y)$ $= \min(\pi_{\mathcal{G}_a}(y), \pi_{\mathcal{GO}_a}(y)))$.
4. L'agent v ou a se retire de la négociation lorsqu'il ne peut pas faire d'autres offres (c-a-d, le maximum de $\mu_v(x)$ sur X est égal à 0).

7 Exemple de choix délibératif

Comme deuxième exemple pour illustrer les idées présentées dans cet article, nous considérons un autre type de problème. Nous supposons que Peter et Mary discutent au sujet de l'endroit de leurs vacances. L'objet O de la négociation est dans ce cas un pays.
Dans ce qui suit, nous utilisons un fragment d'un langage du premier ordre. L'extension à un tel fragment est directe en logique possibiliste.
Supposons que Peter a pour but un pays pas cher et de préférence ensoleillé. Ceci est représenté dans la base suivante :

$$\mathcal{G}_{Peter} = \{(\neg Cher(x), 1), \ (Ensoleill\acute{e}(x), \alpha)\} \text{ avec } 0 < \alpha < 1.$$

A partir de $\mathcal{G}_{Peter}$, nous avons quatre mondes possibles :

- $\omega_1 = \{\neg Cher(x),\ Ensoleill\acute{e}(x)\}$ avec $\pi(\omega_1) = 1$.
- $\omega_2 = \{\neg Cher(x),\ \neg Ensoleill\acute{e}(x)\}$ avec $\pi(\omega_2) =$ 1 - α.
- $\omega_3 = \{Cher(x),\ Ensoleill\acute{e}(x)\}$ avec $\pi(\omega_3) = 0$.
- $\omega_4 = \{Cher(x),\ \neg Ensoleill\acute{e}(x)\}$ avec $\pi(\omega_4) = 0$.

En d'autres termes, cela signifie que :

- tout pays qui est cher est impossible pour Peter.
- tout pays qui n'est pas cher mais pas ensoleillé n'est possible pour lui qu'à un dégré 1 - α.
- tout pays qui n'est pas cher et qui est ensoleillé est totalement possible pour lui.

Peter croit que la Tunisie est certainement pas chère est que l'Italie est peut être chère. Ces croyances sont représentées dans la base suivante :

$\mathcal{K}_{Peter} = \{(\neg Cher(Tunisie),\ 1),\ (Cher(Italie),\ \beta)\}$.

Mary veut un pays ensoleillé mais pas très chaud et pas cher. Sa base des buts est donc la suivante :

$$\mathcal{G}_{Mary} = \{(Ensoleill\acute{e}(x),\ 1),\ (\neg Cher(x),\ \epsilon),\ (\neg Chaud(x),\ \delta)\} \text{ tel que } \epsilon > \delta.$$

A partir de la base $\mathcal{G}_{Mary}$, nous avons quatre mondes possibles :

- $\omega_1 = \{\neg Cher(x),\ \neg Chaud(x),\ Ensoleill\acute{e}(x)\}$ avec $\pi(\omega_1) = 1$.
- $\omega_2 = \{\neg Cher(x),\ Chaud(x),\ Ensoleill\acute{e}(x)\}$ avec $\pi(\omega_2) =$ 1 - δ.
- $\omega_3 = \{Cher(x),\ \neg Chaud(x),\ Ensoleill\acute{e}(x)\}$ avec $\pi(\omega_3) =$ 1 - ϵ.
- $\omega_4 = \{Cher(x),\ Chaud(x),\ Ensoleill\acute{e}(x)\}$ avec $\pi(\omega_4) =$ 1 - ϵ.

Mary croit que la Tunisie est ensoleillée, que l'Italie est ensoleillée, pas chaude et pas chère. Ces croyances sont représentées dans la base suivante :

$$\mathcal{K}_{Mary} = \{(Ensoleill\acute{e}(Tunisie),\ 1),\ (Ensoleill\acute{e}(Italie),\ 1),\ (\neg Chaud(Italie),\ 1),\ (\neg Cher(Italie),\ 1)\}.$$

Pour des raisons de simplicité, nous supposons que Peter et Mary ignorent chacun les préférences de l'autre. Cela se traduit par le fait que les distributions de possibilités $\pi_{\mathcal{GO}_{Peter}}$ et $\pi_{\mathcal{GO}_{Mary}}$ sont égales à 1 et ce pour toute interprétation. Donc $\Pi_{\mathcal{K}^x}(\mathcal{GO}) = 1$.
Dans ce qui suit, l'ensemble X des valeurs de l'objet

de la négociation est : $X = \{Tunisie, Italie\}$. Supposons que c'est Mary qui commence le dialogue et fait une première offre.
Mary commence par proposer l'Italie ($Offrir(Italie)$) car entre l'Italie et la Tunisie c'est l'Italie qui maximise $\mu_a(x) = N_{\mathcal{K}_a^x}(\mathcal{G}_a)$. En effet, $N_{\mathcal{K}_{Mary}^{Italie}}(\mathcal{G}_{Mary}) = 1$ avec $\mathcal{K}_{Mary}^{Italie} = \{(\mathit{Ensoleillé}(Italie), 1), (\neg Chaud(Italie), 1), (\neg Cher(Italie), 1)\}$ et $N_{\mathcal{K}_{Mary}^{Tunisie}}(\mathcal{G}_{Mary}) = 1 - \epsilon$ avec $\mathcal{K}_{Mary}^{Tunisie} = \{(\mathit{Ensoleillé}(Tunisie), 1)\}$. Or, pour Peter nous avons les valeurs suivantes : $N_{\mathcal{K}_{Peter}^{Italie}}(\mathcal{G}_{Peter}) = 0$ avec $\mathcal{K}_{Peter}^{Italie} = \{(Cher(Italie), \beta)\}$ et $N_{\mathcal{K}_{Peter}^{Tunisie}}(\mathcal{G}_{Peter}) = 1 - \alpha$ avec $\mathcal{K}_{Peter}^{Tunisie} = \{(\neg Cher(Tunisie), 1)\}$.
Peter ne peut donc pas accepter l'offre de Mary car il a une meilleure offre. Il choisit alors de défier cette offre et oblige ainsi Mary à justifier son choix par un argument. Notons que le procole que nous avons proposé permet bien ce coup. L'argument de Mary est le suivant : elle croit que l'Italie est ensoleillée, pas trop chaude et pas chère. À cette étape du dialogue, Peter intègre l'argument de Mary dans sa base de croyances, sauf l'information $\neg Cher(Italie)$ car il croit le contraire. La nouvelle base de Peter est :

$$\mathcal{K}_{Peter} = \{(\neg Cher(Tunisie), 1), (Cher(Italie), \beta), (\mathit{Ensoleillé}(Italie), 1), (\neg Chaud(Italie), 1)\}.$$

Peter présente à son tour un contre-argument qui dit que d'après des sources officielles, l'Italie est chère et que c'est la Tunisie qui n'est pas chère. Mary révise sa base de croyances et accepte le contre-argument de Peter. Sa nouvelle base est la suivante :

$$\mathcal{K}_{Mary} = \{(\mathit{Ensoleillé}(Tunisie), 1), (\mathit{Ensoleillé}(Italie), 1), (\neg Chaud(Italie), 1), (\neg Cher(Tunisie), 1), (Cher(Italie), \beta)\}.$$

Maintenant, Peter fait une nouvelle proposition qui est la Tunisie. Mary l'accepte puisqu'elle sait maintenant que l'Italie est moins satisfaisante pour elle que la Tunisie. En effet, $N_{\mathcal{K}_{Mary}^{Italie}}(\mathcal{G}_{Mary}) = 1 - \epsilon$ et $N_{\mathcal{K}_{Mary}^{Tunisie}}(\mathcal{G}_{Mary}) = 1 - \delta$ et comme $\epsilon > \delta$, on a $N_{\mathcal{K}_{Mary}^{Tunisie}}(\mathcal{G}_{Mary}) > N_{\mathcal{K}_{Mary}^{Italie}}(\mathcal{G}_{Mary})$. Le dialogue s'arrête puisque les deux personnes acceptent la Tunisie comme un compromis.
Le dialogue généré est donc le suivant :

Mary: Je suggère l'Italie. ($Offrir(Italie)$)

Peter: Pourquoi préfères tu l'Italie ? $Defier(Italie)$

Mary: Parce que l'Italie est un pays ensoleillé, pas très chaud et en plus pas cher. $Argumenter(\{(\mathit{Ensoleillé}(Italie), \neg Chaud(Italie), \neg Cher(Italie)\})$

Peter: Non c'est un pays cher, c'est la Tunisie qui n'est pas chère. $Argumenter(\{Cher(Italie), \neg Cher(Tunisie))\})$

Mary: Je ne savais pas. $Accepter(\{Cher(Italie), \neg Cher(Tunisie))\})$

Peter: Que penses tu de la Tunisie? $Offrir(Tunisie)$

Mary: C'est une bonne idée. $Accepter(Tunisie)$

8 Conclusion

Cet article a présenté un cadre de négociation basé sur la logique possibiliste. L'idée fondamentale est de représenter les connaissances et le raisonnement d'un agent dans un cadre unifié.
Notre modèle de négociation est basé sur le système DC de MacKenzie [18]. L'ensemble des actes utilisés reprend un sous-ensemble de ceux utilisés dans [2]. Cependant, nous avons ajouté quelques actes qui permettent de simplifer une négociation. Nous avons suggéré que comment cet ensemble d'actes pourrait aussi être représenté dans un cadre possibiliste. En effet, chaque acte a un degré de possibilité d'être joué durant une négociation. Le degré le plus élevé (1) signifie qu'il est tout à fait possible pour l'agent de jouer cet acte, alors qu'un degré (0) signifie que cet acte ne peut pas être joué. Notons que dans ce travail, nous avons considéré que des valeurs binaires (0, 1). Cependant, on aimerait étendre ce cadre à des degrés intermédiaires. L'idée est qu'après un coup donné, les coups permis à l'étape suivante de la négociation seront plus ou moins envisageables. Ce degré de possibilité sera déterminé par la stratégie de l'agent.
L'ensemble des actes permet de capturer les différents échanges de négociation proposés dans [3, 22]. Il peut être vu comme étant l'ensemble minimal d'actes nécessaires pour les négociations basées sur l'argumentation et aussi pour s'engager dans les négociations discutées dans [19].
Notre approche préserve les mérites d'autres approches basées sur l'argumentation telles que [19, 22], mais améliore celles-ci puisqu'elle relie directement les arguments à la négociation par l'opérationalisation des actes du dialogue. En conséquence les actes sont intimement reliés aux arguments qu'un agent fait et reçoit.

References

[1] L. Amgoud and C. Cayrol. A reasoning model based on the production of acceptable arguments. *Annals of Mathematics and Artificial Intelligence*, 34:197–216, 2002.

[2] L. Amgoud, N. Maudet, and S. Parsons. Modelling dialogues using argumentation. In *Proceedings of the International Conference on Multi-Agent Systems*, pages 31–38, Boston, MA, 2000.

[3] L. Amgoud, S. Parsons, and N. Maudet. Arguments, dialogue, and negotiation. In *Proceedings*

of the 14th European Conference on Artificial Intelligence, 2000.

[4] L. Amgoud and H. Prade. Un modèle de négociation basé sur la logique possibiliste : Etude de différentes stratégies. In *Journée Nationales sur les Modèles de Raisonnement (JNMR'03)*, Paris, France, 2003.

[5] S. Benferhat, D. Dubois, S. Kaci, and H. Prade. Modification possibiliste de connaissances et de préférences. In *Journée Nationales sur les Modèles de Raisonnement (JNMR'01)*, pages 93–108, Arras, France, 2001.

[6] S. Benferhat, D. Dubois, S. Kaci, and H. Prade. Représentation bipolaire et modification de préférences en logique possibiliste. In *13ème Congrès Francophone AFRIF-AFIA de Reconnaissance des Formes et d'Intelligence Artificielle (RFIA 2002)*, pages 955–964, Angers, France, 2002.

[7] P. Breiter and D. Sadek. A rational agent as a kernel of a cooperative dialogue system: Implementing a logical theory of interaction. In *ECAI'96 Workshop on Agent Theories, Architectures, and Languages.*, pages 261–276. Springer Verlag, 1996.

[8] D. Dubois, D. L. Berre, H. Prade, and R. Sabbadin. Using possibilistic logic for modeling qualitative decision: Atms-based algorithms. *Fundamenta Informaticae*, 37:1–30, 1999.

[9] D. Dubois, L. Godo, H. Prade, and A. Zapico. On the possibilistic decision model: from decision under uncertainty to case-based decision. *International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems. Eds: World Scientific Publising Company*, 7, N° 6:631–670, 1999.

[10] D. Dubois, J. Lang, and H. Prade. A brief overview of possibilistic logic. In *Proceedings of Symbolic and Quantitative Approaches to Uncertainty, ECSQARU'91*, pages 53–57, Berlin, Germany, 1991.

[11] D. Dubois, J. Lang, and H. Prade. Possibilistic logic. *Handbook of Logic in Artificial Intelligence and Logic Programming*, 3:439–513, 1993.

[12] D. Dubois and H. Prade. A synthetic view of belief revision with uncertain inputs in the framework of possibility theory. *International Journal of Approximate Reasoning*, 17 N. 2–3:295–324, 1997.

[13] D. Dubois, H. Prade, and R. Sabbadin. Decision-theoretic foundations of qualitative possibility theory. *European Journal of Operational Research*, 128:459–478, 2001.

[14] P. Faratin. *Automated service negotiation between autonomous computational agents.* PhD thesis, University of London, UK, December 2000.

[15] N. R. Jennings, P. Faratin, A. R. Lumuscio, S. Parsons, and C. Sierra. Automated negotiation: Prospects, methods and challenges. *International Journal of Group Decision and Negotiation*, pages 199–215, 2001.

[16] R. Kowalczyk. Fuzzy e-negotiation agents. *Journal of Soft Computing*, 6.

[17] X. Luo, N. Jennings, N. Shadbolt, H. fung Leung, and J. H. man Lee. A fuzzy constraint based model for bilateral, multi-issue negotiations in semi-competitive environments. *To appear in Artificial Intelligence*, 2003.

[18] J. MacKenzie. Question-begging in non-cumulative systems. *Journal of philosophical logic*, 8:117–133, 1979.

[19] S. Parsons and N. R. Jennings. Negotiation through argumentation—a preliminary report. In *Proceedings of the 2nd International Conference on Multi Agent Systems*, pages 267–274, 1996.

[20] C. Reed. Dialogue frames in agent communication. In *Proceedings of the 3rd International Conference on Multi Agent Systems*, pages 246–253, 1998.

[21] D. Sadek. *Attitudes mentales et interaction rationnelle : vers une théorie formelle de la communication.* PhD thesis, Thèse de Doctorat en Informatique, Université de Rennes I, Rennes, 1991.

[22] C. Sierra, N. R. Jennings, P. Noriega, and S. Parsons. A framework for argumentation-based negotiation. In *Proceedings of the 4th International Workshop on Agent Theories, Architectures and Languages*, pages 167–182, 1997.

[23] K. Sycara. Argumentation: Planning other agents' plans. In *Proceedings of the Eleventh International Joint Conference on Artificial Intelligence*, pages 517–523, 1989.

[24] O. Wong and R. Lau. Possibilistic reasoning for intelligent payment agents. In *Proceedings of the 2nd Workshop on AI in Electronic Commerce AIEC*, pages 170–180, 2000.