Un modèle de négociation basé sur la logique possibiliste : Etude de différentes stratégies

Leila Amgoud
IRIT
118, route de Narbonne,
31062 Toulouse, France

Henri Prade
IRIT
118, route de Narbonne,
31062 Toulouse, France

Résumé *La négociation joue un rôle central pour 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 la notion de 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 supporter différentes stratégies. La logique possibiliste joue donc ici un rôle unificateur.
mot-clés : *Logique Possibiliste, Négociation, Stratégies.*

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.[15, 16, 22]. Ce type d'approches emploie souvent des heuristiques et n'incorpore pas des 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 ([14, 18, 20, 19, 21]). 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. Ces travaux ont donc été amenés à proposer des protocoles pour manipuler des arguments. Dans [4], 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.

Dans cet article nous présentons un modèle de négociation composé de trois modules : $< Agent, Stratégies, Protocole >$ tel que :

Agent : décrit un agent comme une entité ayant des états mentaux (des croyances, des buts, des degrés de certitude, des priorités, etc...). Les agents ont besoin de raisonner sur leurs états mentaux pour maintenir la cohérence de leurs bases et aussi pour pouvoir inférer des conclusions, expliquer des faits, etc... A ce niveau, nous avons donc besoin dans un premier temps de représenter les états mentaux des agents puis de montrer comment les agents raisonnent sur ces états mentaux.

Protocole : décrit l'ensemble des règles qui gèrent le dialogue. Ces règles sont indépendantes des agents et ne font donc aucune référence à leurs états mentaux. Elles assurent le bon déroulement d'un dialogue.

Stratégies : Contrairement au protocole, une stratégie est propre à un agent. Elle lui permet d'atteindre son objectif et de forcer le jeux en sa faveur.

Nous montrons que la logique possibiliste offre un cadre unifié pour les modules *Agent* et *Stratégies*. En effet, la logique possibiliste peut supporter différentes stratégies de négociation. Ces dernières dépendent fortement de la nature 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 un protocole de négociation : nous précisons les différents actes permis durant une négociation, et expliquons 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 une définition d'une stratégie en trois niveaux puis nous discutons différentes stratégies de négociation en fonction des attitudes des agents. La section 6 illustre le modèle dans un cadre de marchandage.

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

En d'autres termes, la mesure de nécessité d'une formule ϕ est égale au complément 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 appartenant à 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 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.

Comme dans [18], chaque agent est supposé avoir un ensemble $\mathcal{G}$ 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 de 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 $\pi_{\mathcal{GO}}$.

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. 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 lorsque l'offre x est faite. En effet, $\mathcal{K}_a^x = \mathcal{K}_a \cup \{(x,1)\}$.

Un agent est supposé 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]).

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 :

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

4 Le protocole de négociation

Le protocole est un élément important dans un modèle de négociation. Il s'agit de l'ensemble des règles qui régissent à un niveau élevé le comportement des agents qui négocient. Un protocole permet de définir :
- des règles de gestion du dialogue
- l'ensemble des coups possibles au cours d'une négociation
- les réponses permises après chaque coup

4.1 Les règles de gestion

Comme dans [3, 4], afin de capturer un dialogue de type négociation entre des agents, nous utilisons une variante du système DC introduit par [17]. Dans ce système, les agents affirment des faits et se retractent sur d'autres à partir de tableaux d'engagements (CS) visibles par les deux agents. 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.
Ci_dessous sont les règles que les agents doivent respecter au cours d'une négociation.

- $\{a, \overline{a}\}$ est l'ensemble des agents impliqués dans la négociation.
- Il est interdit à un agent d'adresser un coup à lui-même.
- Les deux agents jouent à tour de rôle.
- 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.
- Un agent n'est pas autorisé à répéter un acte qui a déjà été fait par lui-même ou par un autre agent. Cela garantit des dialogues non circulaires.

4.2 Les coups permis et les réponses possibles

Les agents disposent d'un ensemble de coups qu'ils peuvent jouer au cours d'un dialogue, par exemple faire des offres, remettre en cause (défier) une offre, etc... Ces coups sont en fait des actes de langage.
Dans notre modèle de négociation, nous considérons uniquement un sous-ensemble des coups du système DC auquel nous ajoutons de nouveaux actes. $\mathcal{M}$ dénote l'ensemble complet des actes. $\mathcal{M} = \{$Offrir, Défier, Argumenter, Accepter, Refuser, Se Retirer$\}$. 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 de $\mathcal{M}$. Cepandant, 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 possibilités). 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. Ainsi, les actes stockés dans le tableau d'engagements d'un agent sont considérés comme étant les engagements de cet agent.

Dans ce qui suit, nous spécifions pour chaque acte, quand est ce il peut être envisagé, comment les CS et les états mentaux des agents sont mis à jour après cet acte, et enfin nous précisons les différents actes que l'autre agent peut jouer à l'étape suivante de la négociation.

Dans ce qui suit, 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 $\overline{a}$.

4.2.1 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.
Une offre peut amener l'agent qui la reçoit à modifier ce qu'il croit être les buts de l'autre agent. Formellement :

Offrir(x) où x est une formule de X.
Pré-conditions :
- $\Pi_{\mathcal{M}_a}(Offrir) = 1$. Cela signifie que l'offre est tout à fait possible.

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 $\pi_{\mathcal{GO}_{\overline{a}}}$ en $\pi'_{\mathcal{GO}_{\overline{a}}}$ tel que :
$$max_\omega min(\pi'_{\mathcal{GO}_{\overline{a}}}(\omega), \pi_{\mathcal{K}^{x}_{\overline{a}}}(\omega)) = 1$$
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 $\pi_{\mathcal{GO}_{\overline{a}}}$, 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
$$min(\pi_{\mathcal{GO}_{\overline{a}}}(\omega), \pi_{\mathcal{K}^{x}_{\overline{a}}}(\omega)).$$
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 précisémment un argument.

Défier(x) avec x est une formule dans $\mathcal{L}$.
Pré-conditions :
- $\Pi_{\mathcal{M}_a}(Défier) = 1$.

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 [4] 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.

Se Retirer

Pré-conditions :

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

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.

4.2.2 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 sa stratégie le lui permet.

Pré-conditions :

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

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 :
- $\Pi_{\mathcal{M}_a}(Refuser) = 1$.
- $\Pi_{\mathcal{K}_a^x}(\mathcal{G}_a) = 0$.

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 $\mathcal{G}O_{\overline{a}}$ sur la base du coup "Refuser(x)" avancé par l'agent a. Cependant pour simplifier, nous ne le faisons pas dans cet article.

5 Quelques stratégies de négociation

Un protocole du dialogue indique les règles des interactions, les différentes réponses possibles après un coup donné. Cependant, la réponse exacte qu'un agent propose est le résultat de la stratégie que cet agent utilise. Par conséquent, la stratégie dépend du protocole choisi. Pour illustrer le concept de stratégie, considérons le cas d'un agent invité à donner un argument en faveur d'une information qu'il a déjà affirmée. L'agent peut penser donner l'argument le plus court afin de limiter l'exposition de cet argument aux attaques de l'autre agent.
En nous inspirant du travail [2] sur les stratégies dans le cadre des dialogues de type persuasion, nous analysons une stratégie en trois niveaux très liés entre eux.

Définition 2 *Une stratégie dans le cadre d'un dialogue de type négociation s'analyse en trois niveaux :*

1. *Choisir le* profile/attitude *de l'agent*
2. *Choisir de* construire *ou de* remettre en cause
3. *Choisir le* contenu *du coup*

5.1 Le profile / attitude des agents

Selon la nature d'un agent, le coup à avancer dans une situation particulière peut différer. Dans ce qui suit nous introduisons différentes attitudes qu'un agent peut adopter.

Définition 3 *Face à un coup "Offrir", un agent peut avoir deux attitudes :*

- *un agent* coopératif *prend en compte les préférences de l'autre agent lorsqu'il propose une offre. Dans ce cas, parmi les éléments de X, un agent "a" doit choisir x qui maximise $\mu_a(x) = min(N_{\mathcal{K}_a^x}(\mathcal{G}_a), \Pi_{\mathcal{K}_{\overline{a}}^x}(\mathcal{G}O_a))$.*
- *un agent* non coopératif *prend en compte uniquement ses propores buts au moment de choisir une nouvelles offre. Dans ce cas, parmi les éléments de X, un agent "a" doit choisir x qui maximise $\mu_a(x) = N_{\mathcal{K}_a^x}(\mathcal{G}_a)$.*

Pour pouvoir arriver à un compromis, il est souhaitable que les agents soient coopératifs. Cependant, le compromis trouvé peut être loin de la solution optimale. Ce cas se présente lorsqu'un agent se fait de fausses idées sur les préférences de l'autre agent. Considérons l'exemple suivant :

Exemple 1 *Soient a et $\overline{a}$ deux agents qui doivent négocier le prix d'un produit i. Supposons que l'ensemble X contient uniquement deux offres x_1 et x_2 qui correspondent à deux prix possibles pour le produit i ($X = \{x_1, x_2\}$). Pour l'agent a le prix x_1 est aussi préféré que le prix x_2. De plus, il croît que l'autre agent $\overline{a}$ préfère x_1 à x_2. De son coté, $\overline{a}$ préfère x_2 à x_1 et il croît que la valeur x_2 est inacceptable pour l'agent a. Si l'agent a fait l'offre x_1 alors l'agent $\overline{a}$ l'acceptera. Or on voit bien que x_2 est la meilleure solution pour les deux agents.*

De la même façon, pour accepter une offre donnée, un agent peut avoir deux attitudes différentes selon qu'il soit décidé à prendre quelque chose à la fin d'une négociation ou bien qu'il soit prêt à partir sans rien. Dans le cadre du marchandage, par exemple, on peut imaginer un agent *acheteur* qui négocie le prix d'un produit. S'il ne trouve aucune proposition acceptable alors il peut partir sans acheter le produit. En revanche, il se peut que l'acheteur tient vraiment au produit, dans ce cas il finira par accepter une offre même si cette dernière n'est pas très acceptable pour lui.

Définition 4 *Face à un coup "Accepter", un agent peut avoir deux attitudes :*

- *un agent* hardi *peut accepter une offre qui n'est pas très acceptable pour lui. Dans ce cas, un agent "a" accepte une offre x ssi x maximise $N_{\mathcal{K}_a^x}(\mathcal{G}_a)$ ou bien $\Pi_{\mathcal{K}_a^x}(\mathcal{G}_a) > 0$.*
- *un agent* prudent *n'accepte que les offres qui satisfont ses buts. Ainsi, un agent "a" accepte une offre x ssi x maximise $N_{\mathcal{K}_a^x}(\mathcal{G}_a)$ parmi les éléments de X.*

Ces attitudes face à une acceptation d'une offre influencent aussi l'agent face au coup "Se retirer". Un agent qui est décidé à acheter, par exemple dans le cadre du marchandage, se retire de la négociation uniquement si toutes les offres qu'on lui a faites sont impossibles pour lui. Par contre, un agent prudent peut se retirer d'une négociation uniquement s'il ne trouve pas une offre qui satisfait ses buts.

Définition 5 *Face à un coup "Se retirer", un agent peut avoir deux attitudes :*
- *un agent* hardi *se retire d'une négociation ssi* $\forall x \in X$, $\Pi_{\mathcal{K}_a^x}(\mathcal{G}_a) = 0$.
- *un agent* prudent *se retire d'une négociation ssi* $\forall x$, $\mu_a(x) = N_{\mathcal{K}_a^x}(\mathcal{G}_a)) = 0$ *ou* $X = \emptyset$.

Nous avons défini quatre types d'agents et par conséquence quatre types de stratégies de négociation.

5.2 Construire ou remettre en cause

Comme on peut le remarquer dans la section précédente, l'attitude d'un agent permet de définir le *contenu d'un coup.* Ce qui montre bien que le premier niveau et le dernier niveau d'une stratégie sont très liés. Dans ce qui suit, nous montrons que le deuxième niveau de la stratégie permet quant à lui de définir le *type de coup* à jouer. Lorsqu'un agent coopératif reçoit une offre qui n'est pas acceptable pour lui, au lieu de présenter directement une contre-offre, il préfère essayer de comprendre les motivations de l'autre agent. Ainsi, le coup à jouer serait "Défier", cad demander un argument en faveur de l'offre courante. Par contre, un agent non-coopératif ne s'intéresse qu'à ses propres buts. Lorsqu'un tel agent reçoit une offre qui n'est pas acceptable pour lui, il présente directement une contre-offre.

Définition 6
- *On appelle une* stratégie constructive *lorsqu'un agent avance le coup "Défier" après une offre non acceptable pour lui. en d'autres termes* $N_{\mathcal{K}_a}(\mathcal{G}_a)$ *n'est pas égal à zéro mais n'est pas maximum sur l'ensemble des offres restantes.*
- *On appelle une* stratégie de remise en cause *lorsqu'un agent répond directement par une contre-offre à une offre pas très acceptable pour lui.*

Comme nous pouvons le remarquer, ce niveau de la stratégie dépend lui aussi du premier, à savoir du profile ou de l'attitude de l'agent.

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 et un acheteur a. Ces deux agents sont supposés *coopératifs et prudents.* Chacun des deux agents possède deux distributions de possibilités sur les prix possibles.

Le premier type de distribution, $\pi_{\mathcal{G}_a}$ (respectivement $\pi_{\mathcal{G}_v}$) restreind 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. 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 $\pi_{\mathcal{G}_v}(x) = 0$. 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 Conclusion

Cet article a présenté un cadre de négociation basé sur la logique possibiliste. L'idée fondamentale est de représenter les connaissances d'un agent, son raisonnement ainsi que les stratégies utilisées dans un cadre unifié.

Notre modèle de négociation est basé sur le système DC de MacKenzie [17]. L'ensemble des actes utilisés est un sous-ensemble de ceux utilisés dans [3]. Cependant, nous avons ajouté quelques actes qui permettent de simplifer une négociation. Contrairement à [3], nous avons montré comment cet ensemble d'actes pourrait être réalisé dans un cadre possibiliste. Chaque acte a un degré de possibilité d'être joué durant une négociation. Le degré le plus élevé (1) signifie qu'il est possible pour l'agent de jouer cet acte, alors qu'un degré (0) signifie que cet acte ne peut pas être joué.

Chaque acte est défini en termes de conditions préalables qui doivent être satisfaites avant de le jouer, et des post-conditions qui résultent du fait de l'avoir joué.

L'ensemble des actes permet de capturer les différents échanges de négociation proposés dans [4, 20]. 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 [18].

Notre approche préserve les mérites d'autres approches basées sur l'argumentation telles que [18, 20], 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.

Références

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

[2] L. Amgoud and N. Maudet. Strategical considerations for argumentative agents (preliminary report). In *Proceedings of the 9th International Workshop on Non-Monotonic reasoning (NMR'02)*, pages 399–407, Toulouse, 2002.

[3] 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.

[4] L. Amgoud, S. Parsons, and N. Maudet. Arguments, dialogue, and negotiation. In *Proceedings of the 14th European Conference on Artificial Intelligence*, 2000.

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

[6] S. Benferhat, D. Dubois, S. Kaci, and H. Prade. Représentation bipolaire et modification de préférences en logique possibiliste. pages 955–964, Angers, France, 2002. 13ème Congrès Francophone AFRIF-AFIA de Reconnaissance des Formes et d'Intelligence Artificielle (RFIA 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*, volume 37. Fundamenta Informaticae, 1999.

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

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

[11] D. Dubois, J. Lang, and H. Prade. *Possibilistic Logic*, volume 3. Handbook of Logic in Artificial Intelligence and Logic Programming, Oxford University Press, Oxford, UK, 1993.

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

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

[14] 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, 2001.

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

[16] 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. In *To appear in Artificial Intelligence*, 2003.

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

[18] 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.

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

[20] 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.

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

[22] 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.