

Un Modèle de Raisonnement pour Agents Autonomes fondé sur l'Argumentation

Pavlos Moraitis^{1,2}

¹Dept. of Computer Science
University of Cyprus
75 Kallipoleos Str.,
1678 Nicosia, Cyprus
moraitis@ucy.ac.cy

²LAMSADE-Université Paris IX-Dauphine
Place du Maréchal de Lattre de Tassigny
75775 Paris Cedex 16, France
moraitis@lamsade.dauphine.fr

Résumé

Dans ce papier nous examinons l'application d'un modèle de raisonnement argumentatif à la représentation, de manière uniforme, de différents cas de raisonnement, associés à différents aspects du fonctionnement d'un agent autonome. Plus précisément ces aspects sont, le choix d'un objectif ou d'un collaborateur, la négociation et la communication (et plus particulièrement le dialogue) entre agents. Ce modèle de raisonnement est une extension d'un cadre développé pendant la dernière décennie comme le résultat d'une série de travaux sur le lien de l'argumentation avec le raisonnement non monotone. Ce cadre s'appelle Programmation Logique sans Négation comme Echec (Logic Programming without Negation as Failure).

1 Introduction

Les agents autonomes doivent être capables de prendre des décisions qui prennent en compte différents facteurs. Ces décisions peuvent être fondées sur des politiques de préférences complexes qui, en général, sont de nature dynamique et sont influencées par l'état particulier de l'environnement dans lequel les agents évoluent. Depuis longtemps (voir p. ex. [12]) mais aussi plus récemment (voir p. ex. [8], [10]) nous avons opté pour une architecture d'agents modulaire en considérant que toutes les structures nécessaires pour la représentation d'une facette particulière du comportement d'un agent peuvent être incluses dans le même module. Ces facettes correspondent aux différentes capacités d'un agent (p. ex., résolution de problèmes, coopération, négociation, communication). Ainsi un agent peut être représenté comme un ensemble de modules, chacun d'eux étant responsable pour une capacité particulière et tous ensemble implémentant le

comportement global de l'agent. Ce point de vue sur la modularité peut être considéré en combinaison avec le fait que l'implémentation des capacités d'un agent implique un ou plusieurs processus de délibération dans chacun des modules. La nature de ces processus n'est pas exactement la même. Cependant, nous pouvons considérer que certains d'entre eux ont comme caractéristique commune la prise de décision afin de choisir entre plusieurs options (p. ex., choix d'un objectif pour un module de résolution de problèmes, choix d'un collaborateur pour un module de coopération, choix d'un performatif de communication pour un module de communication). Alors l'idée est d'avoir un modèle de délibération qui nous donnerait la possibilité de représenter de manière uniforme ces processus de délibération. Le but de ce papier est donc de montrer que le modèle de raisonnement, fondé sur l'argumentation, que nous avons originalement proposé dans (voir p. ex. [8] [9]) est très bien positionné vis à vis de cet objectif. Ce travail a été une extension du cadre appelé, Programmation Logique sans Négation comme Echec (Logic Programming without Negation as Failure) présenté dans [7]. Il a aussi été influencé par les travaux proposés dans [2] et [15]. Pour montrer comment nous pouvons modéliser de manière uniforme, différents cas de raisonnement d'un agent associés à différents aspects de son fonctionnement, nous considérerons ici le raisonnement pour le choix d'un objectif ou d'un collaborateur, la négociation et la communication entre agents. Cependant nous pensons que notre modèle de raisonnement peut être utilisé dans un cadre plus général que celui présenté dans ce papier, comme par exemple celui du raisonnement juridique (legal reasoning).

Ce papier est organisé comme suit. La Section 2 présente les concepts de base de notre modèle de raisonnement, alors que la Section 3 présente l'utilisation de ce modèle pour modéliser différents cas de raisonnement d'un agent. Enfin dans la Section 4 nous présentons nos conclusions et nous discutons des travaux relatifs.

2 Argumentation avec des Préférences Dynamiques

Dans cette section nous présentons les concepts de base de notre cadre d'argumentation, originalement présenté dans (voir p. ex. [8] et [9]), que nous utiliserons par la suite. Comme nous l'avons déjà dit, le cadre d'argumentation que nous proposons est une extension d'un cadre développé pendant la dernière décennie comme le résultat d'une série de travaux sur le lien de l'argumentation avec le raisonnement non monotone. Ce cadre s'appelle Programmation Logique sans Négation comme Echec (Logic Programming without Negation as Failure) [7]. Notre modèle d'argumentation prend en compte des rôles et leurs relations, que les agents peuvent avoir dans un contexte précis, où ces rôles sont définis, (c.a.d., le marché, l'entreprise, etc.), appelé *contexte par défaut*, ainsi que des *contextes spécifiques* qui peuvent renverser les relations (l'ordre de priorité) définies dans le contexte par défaut. Par exemple dans le contexte militaire un officier donne des ordres auxquels obéit un soldat ou dans un marché un client régulier a certains avantages par rapport à un client occasionnel. Cependant un

contexte par défaut spécifiant les rôles de base "joués" par les agents, ce n'est pas le seul environnement d'interaction où ils pourraient interagir. Par exemple, deux amis peuvent aussi être des collègues, un officier et un soldat peuvent être amis ou de la même famille dans la vie civile. Alors nous considérons un second niveau de contexte, appelé *contexte spécifique*, qui peut renverser le pré-imposé, par le contexte par défaut, ordre entre les rôles et établir une relation différente entre eux. Par exemple, la relation d'autorité entre un officier et un soldat peut changer dans un contexte spécifique d'une rencontre sociale, ou encore des clients privilégiés et normaux peuvent avoir le même traitement dans certains cas (la haute saison par exemple).

Ainsi, afin de permettre au raisonnement argumentatif d'un agent d'être dynamique comme il est demandé par les rôles et le contexte, nous avons étendu le cadre d'argumentation proposé dans [7] afin d'accommoder une relation d'attaque dynamique entre les arguments. La relation de priorité entre les règles d'une théorie (la théorie d'un agent est représentée sous forme de règles comme on le verra par la suite) n'est plus statique mais dynamique et maintenant elle capte la nature non statique des préférences de l'agent associées aux rôles et au contexte. Cette considération peut se généraliser et caractériser ces préférences par rapport, disons, à des *situations normales* (liées à la notion du contexte par défaut) et des *situations spécifiques* (liées à la notion du contexte spécifique).

Notre approche suit la même ligne d'approche que celle dans [15], où cette relation de priorité dynamique est définie comme part de la théorie de l'agent, avec les mêmes sémantiques d'argumentation que le reste de la théorie. Une théorie d'argumentation étendue est alors définie comme suit.

Définition 1. Une théorie est une paire $(\mathcal{T}, \mathcal{P})$ dont les énoncés sont des formules dans une logique sous-jacente (background logic) monotone (\mathcal{L}, \vdash) , de la forme $L \leftarrow L_1, \dots, L_n$, où L, L_1, \dots, L_n sont des littéraux de base (ground) positifs ou négatifs. Pour des règles dans \mathcal{P} la tête L se réfère à une relation (irréflexive) de priorité supérieure, c.a.d., L a la forme générale $L = p\text{-}s(\text{règle1}, \text{règle2})$ où *règle1* et *règle2* sont des noms uniques des règles dans la théorie. La relation de dérivabilité, \vdash , de la logique sous-jacente est donnée par la simple règle d'inférence de modus ponens.

Pour des raisons de simplicité, nous supposerons que les conditions de chaque règle dans la théorie ne se réfèrent pas au prédicat $p\text{-}s$ en évitant ainsi des problèmes d'auto-référence. Pour chaque atome $p\text{-}s(\text{règle1}, \text{règle2})$ sa négation est notée par $p\text{-}s(\text{règle2}, \text{règle1})$ et vice-versa.

Un **argument** pour un littéral L dans une théorie $(\mathcal{T}, \mathcal{P})$ est chaque sous-ensemble, T , de cette théorie, par lequel L peut être dérivé, $T \vdash L$, sous la logique sous-jacente. En général, nous pouvons séparer une part de la théorie $T_0 \subset \mathcal{T}$ et la considérer comme une partie non-révisable (non-defeasible) par laquelle chaque argument peut puiser de l'information dont il pourrait avoir besoin. Nous

appellerons \mathcal{T}_0 la **théorie sous-jacente**. La notion d'attaque entre arguments dans une théorie, est fondée sur les conflits possibles entre un littéral L et sa négation et la relation de priorité donnée par p - s dans la théorie.

Définition 2. Soit $(\mathcal{T}, \mathcal{P})$ une théorie, $T, T' \subseteq \mathcal{T}$ et $P, P' \subseteq \mathcal{P}$. Alors (T', P') **attaque** (T, P) ssi il existe là un littéral L , $T_1 \subseteq T'$, $T_2 \subseteq T$, $P_1 \subseteq P'$ et $P_2 \subseteq P$ t.q.:

- (i) $T_1 \cup P_1 \vdash_{\min} L$ et $T_2 \cup P_2 \vdash_{\min} \neg L$
- (ii) $(\exists r' \in T_1 \cup P_1, r \in T_2 \cup P_2 \text{ t.q. } T \cup P \vdash_{p-s}(r, r')) \Rightarrow (\exists s' \in T_1 \cup P_1, s \in T_2 \cup P_2 \text{ t.q. } T' \cup P' \vdash_{p-s}(s', s))$

Ici, quand L ne se réfère pas à p - s , $T \cup P \vdash_{\min} L$ signifie que $T \vdash_{\min} L$. Cette définition étendue signifie qu'un argument composé (T', P') est un contre-argument à un tel autre argument quand une conclusion contraire, L , est dérivée d'eux et $(T' \cup P')$ fait les règles de sa contre-preuve au moins "aussi fortes" que les règles utilisées, pour la preuve, par l'argument qui se trouve sous attaque. Il faut noter que l'attaque peut arriver sur une conclusion contraire L qui se réfère à la priorité entre règles.

Définition 3. Soit $(\mathcal{T}, \mathcal{P})$ une théorie, $T \subseteq \mathcal{T}$ et $P \subseteq \mathcal{P}$. Alors (T, P) est **admissible** ssi $(T \cup P)$ est consistant et pour chaque (T', P') si (T', P') attaque (T, P) alors (T, P) attaque (T', P') . Etant donné un littéral de base (ground) L alors L est une **conséquence crédule** (respectivement **sceptique**) de la théorie si L appartient à un (respectivement chaque) sous-ensemble admissible maximal de \mathcal{T} (par rapport à l'inclusion ensembliste).

Ainsi, pour qu'un argument du niveau-objet (de \mathcal{T}) soit admissible il est nécessaire de le considérer avec ses arguments de priorité (de \mathcal{P}) afin qu'il puisse faire lui même au moins "aussi fort" que les contre-arguments opposés. Cela nécessite des règles de priorité capables de se répéter elles-mêmes car celles choisies initialement peuvent être elles-mêmes attaquées par des règles de priorité opposées, et de nouveau nous aurions besoin d'établir alors les règles de priorité elles-mêmes, au moins aussi fortes que leurs opposées.

Nous pouvons d'ores et déjà définir une théorie d'argumentation d'un agent, pour décrire sa politique dans un environnement avec rôles et contexte, comme suit.

Définition 4. Une théorie de politique d'argumentation d'un agent ou théorie, T , est un triplet $T = (\mathcal{T}, \mathcal{P}_R, \mathcal{P}_C)$ où les règles dans \mathcal{T} ne se réfèrent pas à p - s , toutes les règles dans \mathcal{P}_R sont des règles de priorité avec une tête p - $s(r_1, r_2)$ t.q. $r_1, r_2 \in \mathcal{T}$ et toutes les règles dans \mathcal{P}_C sont des règles de priorité avec une tête p - $s(R_1, R_2)$ t.q. $R_1, R_2 \in \mathcal{P}_R \cup \mathcal{P}_C$.

Nous avons par conséquent dans une théorie d'agent trois niveaux. Au premier niveau nous avons les règles \mathcal{T} qui font directement référence au domaine du sujet de l'agent. Nous les appelons **Règles de Décision du niveau-Objet** de l'agent. Aux deux autres niveaux nous avons des règles qui sont relatives à la

politique sous laquelle l'agent utilise ses règles de décision du niveau objet, selon les rôles et le contexte. Nous appelons les règles dans \mathcal{P}_R et \mathcal{P}_C , **Priorités du Rôle (ou du Contexte par Défaut)** et **Priorités du Contexte Spécifique** respectivement.

Dans plusieurs cas l'admissibilité d'un argument dépend de si nous avons ou pas quelque information sous-jacente sur le cas spécifique sur lequel nous raisonnons. Quelques fois cette information peut être juste inconnue et les agents peuvent raisonner d'avantage pour trouver des *suppositions* relatives à l'information inconnue sur laquelle ils peuvent bâtir un argument admissible. Nous pouvons formaliser cette forme conditionnelle de raisonnement argumentative en définissant la notion de *l'information supportante* et en étendant l'argumentation avec de *l'abduction* sur l'information manquante. Ceci va beaucoup nous servir en négociation.

Définition 5. Soit $T = ((\mathcal{T}_o, \mathcal{T}), \mathcal{P})$ une théorie, et \mathcal{A} un ensemble particulier de prédicats dans le langage de la théorie, appelés prédicats **abductibles**. Etant donné un objectif G , un ensemble S de littéraux abductibles consistants avec la théorie sous-jacente \mathcal{T}_o , est appelé une **forte** (respectivement **faible**) **information supportante** pour G ssi G est une conséquence **sceptique** (respectivement **crédule**) de $((\mathcal{T}_o \cup S, \mathcal{T}), \mathcal{P})$.

Un argument peut alors être généralisé comme suit.

Définition 6. Soit $T = ((\mathcal{T}_o, \mathcal{T}), \mathcal{P})$ une théorie, et \mathcal{A} ses prédicats abductibles. Un **argument supporté** dans T est un tuple (Δ, S) , où S est un ensemble des littéraux abductibles consistants avec \mathcal{T}_o et Δ est un ensemble de règles arguments, qui n'est pas admissible dans $((\mathcal{T}_o, \mathcal{T}), \mathcal{P})$, mais qu'il est admissible dans la théorie $((\mathcal{T}_o \cup S, \mathcal{T}), \mathcal{P})$. Nous disons que S **supporte** l'argument Δ et que Δ est **conditionnel** à S .

L'information supportante (ou les conditions) se réfère à l'information incomplète et évolutive de l'environnement externe d'interaction. Typiquement, cette information est relative au contexte de l'environnement, les rôles entre les agents, ou n'importe quel autre aspect de la connaissance de l'agent.

Considérons comme exemple la théorie \mathcal{T} suivante, représentant (une part) des règles du niveau-objet d'un employé dans une société.

$r_1(A, \text{Obj}, A_1): \text{donne}(A, \text{Obj}, A_1) \leftarrow \text{demande}(A_1, \text{Obj}, A)$
 $r_2(A, \text{Obj}, A_1): \neg \text{donne}(A, \text{Obj}, A_1) \leftarrow \text{a-besoin}(A, \text{Obj})$
 $r_3(A, \text{Obj}, A_2): \neg \text{donne}(A, \text{Obj}, A_2) \leftarrow \text{donne}(A, \text{Obj}, A_1), A_2 \neq A_1$

En plus, nous avons une théorie \mathcal{P}_R représentant le comportement général par défaut du code de contact dans la société en relation avec les rôles de ses employés: une demande de la part d'un supérieur est en général pour un employé plus forte que son propre besoin; une demande de la part d'un autre employé

d'une société concurrente est en général pour un employé plus faible que son propre besoin. Ici et par la suite nous utiliserons des lettres capitales pour nommer les règles de priorité mais elles ne doivent pas être lues comme des variables. Aussi pour la clarté de la présentation nous n'écrivons pas explicitement le nom complet d'une règle de priorité omettant dans le nom les termes paramètres des règles.

R₁: p-s(r₁(A,Obj,A₁), r₂(A,Obj,A₁))←rang_sup(A₁,A)
R₂: p-s(r₂(A,Obj,A₁), r₁(A,Obj,A₁))←concurrent(A,A₁)
R₃: p-s(r₁(A,Obj,A₁), r₁(A,Obj,A₂))←rang_sup(A₁,A₂)

Entre les deux alternatives à satisfaire, c.a.d. la demande d'un supérieur ou la demande par un département concurrent, la première est plus forte quand ces deux départements se trouvent dans le contexte spécifique de travail sur un projet commun. De l'autre côté, si nous sommes dans le cas où l'employé qui a l'objet a besoin de lui de manière urgente, alors il préférerait le garder. Cette politique n'est représentée qu'au troisième niveau dans \mathcal{P}_C .

C₁: p-s(R₁(A,Obj,A₁), R₂(A,Obj,A₁))←projet_commun(A,Obj,A₁)
C₂: p-s(R₂(A,Obj,A₁), R₁(A,Obj,A₁))←urgent(A,Obj)

Il faudra noter la modularité de cette présentation. Par exemple, si jamais la société décidait de changer sa politique "que les employés devraient généralement satisfaire les demandes de leurs supérieurs" et l'appliquer seulement au manager direct d'un employé, nous aurions tout simplement à remplacer R₁ par la nouvelle règle R'₁, sans modifier aucune autre part de la théorie:

R'₁: p-s(r₁(A,Obj,A₁), r₂(A,Obj,A₁))←manager(A₁,A)

Remarque: Dans le contexte particulier d'utilisation de notre modèle dans ce papier, la notion du rôle ne sera pas toujours explicitement utilisée. Les notions utilisées pour caractériser les deux niveaux de priorités, seront aussi, selon le cas, le contexte par défaut et le contexte spécifique, exprimant comme nous l'avons dit le comportement d'un agent dans des situations normales et des situations spécifiques respectivement.

3 Exemples de Cas de Raisonnement fondé sur l'Argumentation

Comme nous l'avons déjà dit auparavant, nous optons pour une architecture modulaire d'agents et dans ce cadre nous pouvons considérer l'existence de plusieurs modules dédiés aux différentes capacités qu'un agent peut avoir (p. ex. résoudre un problème, coopérer, négocier, communiquer). Dans cette section nous présenterons comment on peut représenter, de manière uniforme, différents cas de raisonnement effectués dans ces différents modules. Les cas précis que nous traiterons sont, le raisonnement pour le choix d'un objectif à réaliser, le choix d'un collaborateur dans un travail coopératif, la négociation et la conversation avec d'autres agents.

3.1 Raisonnement pour le Choix d'un Objectif ou d'un Collaborateur

Pour illustrer nos propos nous allons utiliser deux exemples, un pour le cas du choix d'un objectif et un pour le cas du choix d'un collaborateur.

-Cas 1: le Choix d'un Objectif

Considérons qu'un agent α est doté d'une théorie T1 qui correspond à une part de la connaissance d'un de ses modules, à savoir celui lié à sa capacité à résoudre des problèmes. Cette théorie exprime "sa façon de penser" et la politique selon laquelle il choisit les objectifs qu'il doit réaliser dans son contexte de travail. Nous supposons que l'agent doit choisir entre l'objectif réaliser(α , Tâche1, α_1) et réaliser(α , Tâche2, α) qui sémantiquement signifient réaliser la tâche Tâche1 pour l'agent α_1 ou réaliser la tâche Tâche2 pour lui-même. Nous considérons aussi que la connaissance sous-jacente du module de résolution de problèmes de l'agent α contient en autres les données suivantes: {concurrent(α , α_1), rang_supérieur(α , α_1), projet_commun(α , Task1, α_1)}.

Alors la théorie T1 est présentée comme suit:

$r_1(A, \text{Tâche1}, A_1): \text{réaliser}(A, \text{Tâche1}, A_1) \leftarrow \text{demande}(A_1, \text{Tâche1}, A)$
 $r_2(A, \text{Tâche1}, A_1): \neg \text{réaliser}(A, \text{Tâche1}, A_1) \leftarrow \text{réaliser}(A, \text{Tâche2}, A)$

$R_1: p\text{-s}(r_1(A, \text{Tâche1}, A_1), r_2(A, \text{Tâche1}, A_1)) \leftarrow \text{rang_supérieur}(A_1, A)$
 $R_2: p\text{-s}(r_2(A, \text{Tâche1}, A_1), r_1(A, \text{Tâche1}, A_1)) \leftarrow \text{concurrent}(A, A_1)$

$C_1: p\text{-s}(R_1(A, \text{Tâche1}, A_1), R_2(A, \text{Tâche1}, A_1)) \leftarrow \text{projet_commun}(A, \text{Tâche1}, A_1)$
 $C_2: p\text{-s}(R_2(A, \text{Tâche1}, A_1), R_1(A, \text{Tâche1}, A_1)) \leftarrow \text{urgent}(A, \text{Tâche1})$

Cette théorie au niveau-objet dit que quand un autre agent demande une Tâche1 à l'agent α celui-ci doit la réaliser. Cependant il peut ne pas la réaliser (c.a.d. il peut la refuser) s'il doit réaliser une Tâche2 pour lui même. Au niveau rôles (ou contexte par défaut) la théorie dit que si l'agent demandeur est un supérieur hiérarchique du α , celui-ci doit lui obéir sinon, s'il est un concurrent, l'agent α peut l'ignorer. Si les deux sont valables la théorie au niveau contexte (spécial) dit que si l'agent travaille sur le même projet que l'agent demandeur il doit réaliser sa tâche à lui sinon s'il y a urgence il doit réaliser sa propre tâche. Selon cette théorie et la connaissance sous-jacente l'agent choisira de façon sceptique la réalisation de l'objectif réaliser(α , Tâche1, α_1), c.a.d. réaliser la tâche pour l'agent α_1 .

-Cas 2: le Choix d'un Collaborateur

Considérons maintenant que l'agent α est doté aussi d'une théorie T2 qui correspond à une part de la connaissance d'un autre module à savoir celui qui est

responsable de la coopération avec les autres agents de son environnement. Plus précisément on peut considérer que ce module est responsable pour la décision d'un agent sur comment et avec qui coopérer quand ceci est considéré nécessaire (p. ex. quand l'agent est incapable de résoudre un problème tout seul). Ainsi la théorie ci-dessous exprime la politique selon laquelle l'agent sélectionne ses collaborateurs. Cette théorie, au niveau objet dit que pour chaque Tâche spécifique l'agent a besoin seulement d'un seul collaborateur et que chaque collaborateur peut être choisi selon son expertise appropriée à la tâche en question. Au niveau rôles (ou contexte par défaut) la théorie dit que si la tâche nécessite un manager, l'agent α préfère choisir un agent manager A1, alors que si la tâche nécessite un expert technique il préfère choisir un agent expert A2. Quand les deux cas s'appliquent (c.a.d. la tâche est à la fois managériale et technique), la théorie au niveau contexte exprime une priorité selon la période courante. Alors si la période courante impose le besoin d'une augmentation de la part de marché, un manager doit être choisi (c.a.d. α_1), alors que si elle impose l'amélioration de l'image, la qualité des produits devrait être éventuellement améliorée et par conséquent un expert devrait être choisi (c.a.d. α_2).

Nous supposons que la connaissance sous-jacente du module de coopération de l'agent α est : {tâche_management(Tâche), manager(α_1), tâche_technique(Tâche), expert(α_2), besoin_coopération(α , Tâche), approprié(Tâche, α_1), approprié(Tâche, α_2), période_augm_part_marché}.

Alors la théorie T2 est présentée comme suit:

$r_1(A, T\grave{a}che, A_1)$: demande_secour(A, T\grave{a}che, A₁) ← besoin_coopération(A, T\grave{a}che), approprié(T\grave{a}che, A₁)

$r_2(A, T\grave{a}che, A_1)$: ¬demande_secour(A, T\grave{a}che, A₁) ← demande_secour(A, T\grave{a}che, A₂), A₁ ≠ A₂

R_1 : p-s($r_1(A, T\grave{a}che, A_1)$, $r_2(A, T\grave{a}che, A_2)$) ← tâche_management(T\grave{a}che), manager(A₁)

R_2 : p-s($r_2(A, T\grave{a}che, A_2)$, $r_1(A, T\grave{a}che, A_1)$) ← tâche_technique(T\grave{a}che), expert(A₂)

C_1 : p-s($R_1(A, T\grave{a}che, A_1)$, $R_2(A, T\grave{a}che, A_2)$) ← période_augm_part_marché

C_2 : p-s($R_2(A, T\grave{a}che, A_2)$, $R_1(A, T\grave{a}che, A_1)$) ← période_amél_image

Selon cette théorie l'agent α choisira le manager α_1 puisque ceci est une conclusion sceptique de sa théorie.

3.2 Raisonnement pour la Négociation Multi-Agent

La négociation automatique est un des thèmes importants du domaine des systèmes multi-agents. La négociation automatisée a été longtemps étudiée dans le domaine des systèmes multi-agents et différents mécanismes de négociation ont été proposés. Comme il est aussi mentionné dans [6], elles sont fondées sur des

modèles de la théorie des jeux (voir p. ex. [16], [17]), des approches heuristiques (voir p.ex. [5]) et certains d'eux sur l'argumentation (voir p.ex. [1], [19], [20]).

Dans ce papier le raisonnement en négociation concerne la prise de décisions par un agent, fondées sur des stratégies de négociation qui implémentent son comportement afin de réaliser ses objectifs. Donc notre but dans ce papier est de montrer que notre cadre d'argumentation fournit tous les éléments nécessaires pour représenter des stratégies de négociation complexes, capables de prendre en compte de manière dynamique le comportement des autres participants ainsi que le contexte dans lequel a lieu la négociation. Pour cela nous allons utiliser un exemple de simple marchandage présenté originalement dans [4].

Nous allons nous intéresser seulement au contenu de la négociation, qui dépend des stratégies de négociation des parties impliquées, et non au protocole de négociation. Ce dernier décrit comment les parties échangent leurs offres et comment la négociation peut aboutir. Donc nous allons montrer comment on peut représenter les stratégies de négociation d'un acheteur et d'un vendeur dans cet exemple de simple marchandage, en utilisant notre cadre d'argumentation.

-Un Exemple de simple marchandage

Une cliente est intéressée par l'achat d'un ordinateur annoncé au prix de 1300 Euros. Elle veut négocier pour acheter cet ordinateur à un prix plus bas. Le vendeur a un problème de liquidité et il est prêt à faire des soldes immédiatement. Il estime que la perte d'une vente lui coûte 50 Euros d'intérêts à la banque et de coûts de publicité. Le coût total des composants du système est de 1000 Euros. Nous supposons que les caractéristiques du système sont fixes et que la négociation est conduite autour d'un seul sujet, le prix du système.

Pour générer de nouvelles offres nous supposons que les acteurs de la négociation utilisent des fonctions, appelées *tactiques*. Nous représentons les tactiques avec le prédicat $f(x,y)$. Une tactique possible pourrait par exemple être, de réduire l'offre précédente d'un montant fixe ou d'un pourcentage fixe.

Les prédicats que nous utilisons pour cette simple négociation sont ceux présentés dans [4], complétés avec d'autres qui sont utiles pour la représentation des stratégies fondées sur notre cadre d'argumentation.

- $coût(x, y)$ le coût y du système x
- $prix_vendeur(x,y)$ le prix courant y du système x
- $premier_prix_vendeur(x, y)$ le premier prix y proposé par le vendeur pour le système x
- $prix_vendeur_précédent(x, y)$ le prix précédent y du système x

- $premiere_offre_acheteur(x, y)$ la première offre y proposée par l'acheteur pour le système x
- $offre_acheteur(x, y)$ l'offre courante y de l'acheteur pour le système x
- $offre_acheteur_precedente(x, y)$ la dernière offre y de l'acheteur
- $prix_min(x, y)$ le prix minimum des vendeurs
- $prix_max(x, y)$ le prix maximum des acheteurs
- $immediat$ signifie si oui ou non le paiement va être immédiat ou différé
- $f(x,y)$ une fonction tactique utilisée pour générer la prochaine offre de prix y pour le système x

Les règles qui implémentent la stratégie de l'agent vendeur, en utilisant notre cadre d'argumentation, peuvent être représentées comme suit:

$r_1 : premier_prix_vendeur(x, y+300) \leftarrow coût(x, y)$

Le premier prix de vente proposé est égal au coût augmenté de 300 Euro

$r_2 : prix_min(x, y+20) \leftarrow coût(x, y)$

Un prix minimal de vente accepté est égal au coût augmenté de 20 Euro

$r_3 : prix_min(x, y-50) \leftarrow coût(x, y)$

Un autre prix minimal accepté est égal au coût moins 50 Euro

$r_4 : acceptable(y) \leftarrow offre_acheteur_precedente(x, y), prix_vendeur(x, z), y \geq z$

Une offre est acceptable si le prix de la dernière offre de l'acheteur est supérieur au prix proposé par le vendeur

$r_5 : \neg acceptable(y) \leftarrow offre_acheteur_precedente(x, y), min_prix(x, z), y < z$

Une offre n'est pas acceptable si le prix de la dernière offre de l'acheteur est inférieur au prix minimal souhaité par le vendeur

$r_6 : prix_vendeur(x, f(x,y)) \leftarrow prix_vendeur_precedent(x, y)$

La tactique $f(x, y)$ définit le nouveau prix de vente à partir du prix précédent

$R_1 : p-s(r_2(x, y), r_3(x, y))$

$R_2 : p-s(r_3(x, y), r_2(x, y)) \leftarrow immediat$

$R_3 : p-s(r_5(y), r_4(y))$

$C1 : p-s(R_2(x, y), R_1(x, y))$

Au niveau du contexte par défaut, la règle R_1 dit que normalement le prix minimal accepté par le vendeur est celui défini par la règle r_1 . Cependant la règle R_2 dit que si le paiement est immédiat le prix minimal de vente accepté est celui défini par la règle r_2 . Ceci est assuré par la règle C_1 du niveau contexte spécial qui donne

la priorité à la règle R_2 vis-à-vis à la règle R_1 . La règle R_3 assure que le vendeur ne vendra pas en dessous du prix minimal.

Ici pour montrer la capacité de notre formalisme à prendre en compte des situations exceptionnelles, nous étendons cet exemple. Ainsi nous pouvons considérer que si la vente a lieu durant la haute saison le prix minimal défini dans le cas du paiement immédiat n'est pas valable. Pour représenter ce cas exceptionnel il suffit de rajouter la règle C_2 ci dessous:

C_2 : $p\text{-s}(R_1(x, y), R_2(x, y)) \leftarrow \text{haute_saison}$

De la même façon nous pouvons représenter les règles implémentant la stratégie de l'agent acheteur.

r_1 : $\text{prix_max}(x, y-200) \leftarrow \text{prix_vendeur}(x, y)$

Le prix maximum de l'acheteur est fondé sur le prix d'annonce du vendeur. Les 200 Euros sont évidemment une réduction arbitraire pour faire démarrer la négociation

r_2 : $\text{première_offre_acheteur}(x, y-400) \leftarrow \text{premier_prix_vendeur}(x, y)$

La première offre de l'acheteur inclut une proposition d'ouverture, de moins 400 Euro, comme contre-offre au prix d'ouverture du vendeur

r_3 : $\text{acceptable}(y) \leftarrow \text{offre_acheteur}(x, z), \text{prix_vendeur}(x, y), y \leq z$

Un prix est acceptable si il est inférieur à l'offre de l'acheteur

r_4 : $\neg \text{acceptable}(y) \leftarrow \text{max_prix}(x, z), \text{prix_vendeur}(x, y), y > z$

Un prix n'est pas acceptable si il est supérieur au prix maximal de l'acheteur

r_5 : $\text{offre_acheteur}(x, f(x, y)) \leftarrow \text{offre_acheteur_précédente}(x, y)$

La tactique $f(x, y)$ définit la nouvelle offre à partir de l'offre précédente

R_1 : $p\text{-s}(r_4(y), r_3(y))$

Ici nous pouvons aussi étendre l'exemple en considérant que l'acheteur peut accepter exceptionnellement un prix supérieur à son prix maximal défini si le vendeur lui propose de payer en mensualités. Pour cela il suffit de rajouter, une règle r_6 au niveau objet, les règles R_2, R_3 au niveau du contexte par défaut et la règle C_1 au niveau du contexte spécial.

r_6 : $\text{acceptable}(y) \leftarrow \text{offre_acheteur}(x, z), \text{prix_vendeur}(x, y), y > z$

R_2 : $p\text{-s}(r_4(y), r_6(y))$

$R_3 : p-s(r_6(y), r_4(y)) \leftarrow$ mensualités

$C_1 : p-s(R_3(x, y), R_2(x, y))$

Alors le processus de négociation démarre par l'acheteur qui fait sa première offre comme réponse au prix d'annonce du vendeur (règle r_2). Le vendeur évalue l'offre à l'aide des règles r_4 et r_5 de sa théorie et s'il ne peut pas accepter l'offre il contre-propose un nouveau prix en utilisant la règle r_6 . L'acheteur évalue le prix en utilisant les règles r_3 et r_4 de sa théorie et s'il ne peut à son tour accepter le prix il contre-propose une offre en utilisant la règle r_5 . La négociation se termine avec succès quand les règles r_4 du vendeur ou r_3 de l'acheteur sont vraies. Autrement, le protocole de négociation doit prévoir la terminaison de la négociation sans résultat. Evidemment les autres règles des théories de deux agents (p. ex. la règle r_6 de l'acheteur) seront activées si les cas spéciaux qui les concernent se présentent.

3.3 Raisonnement pour la Communication Agents

La communication est un aspect important pour la construction des systèmes multi-agents. Il est évident que les agents doivent communiquer afin de résoudre des problèmes de manière coopérative, résoudre des conflits ou tout simplement échanger des informations qui sont utiles pour leur travail respectif et la satisfaction de leurs objectifs. On peut même dire que les agents doivent pouvoir dialoguer entre eux en ayant la possibilité de défendre leurs points de vue vis-à-vis de leurs interlocuteurs. Des travaux fondés sur l'argumentation ont été déjà proposés dans ce domaine (voir p. ex. [1], [13]).

Dans ce papier nous voulons montrer que notre cadre d'argumentation est également bien situé pour représenter des politiques de dialogues. Plus précisément nous considérons que notre formalisme permet en plus la prise en compte de deux éléments qui ne sont pas encore pris en considération dans les autres travaux, à savoir l'identité des interlocuteurs et le contexte dans lequel un dialogue a lieu.

Pour montrer comment on peut modéliser le raisonnement impliqué dans le cadre de dialogues entre agents nous allons considérer un exemple qui nous permettra de représenter des politiques de dialogue.

-Un Exemple

"Un agent x a comme politique de refuser quand on lui demande quelque chose. Il peut néanmoins faire une exception quand la demande provient d'un de ses ami(e)s. Cependant cette exception ne peut être valable que si cette demande ne concerne pas le contexte du travail".

En utilisant notre cadre d'argumentation, nous pouvons représenter cette politique de dialogue qui peut être appliquée dans un dialogue avec d'autres agents, comme suit:

$r_1 : \text{accepte}(x, y, z) \leftarrow \text{demande}(y, x, z)$

$r_2 : \text{refuse}(x, y, z) \leftarrow \text{demande}(y, x, z)$

$R_1 : \text{p-s}(r_2(x, y, z), r_1(x, y, z))$

$R_2 : \text{p-s}(r_1(x, y, z), r_2(x, y, z)) \leftarrow \text{ami}(e)(y)$

$C_1 : \text{p-s}(R_2(x, y, z), R_1(x, y, z))$

$C_2 : \text{p-s}(R_1(x, y, z), R_2(x, y, z)) \leftarrow \text{au_travail}$

Dans cet exemple nous supposons que x, y sont les *interlocuteurs*, z est le *sujet* du dialogue qui par exemple dans un cas précis peut être $z = \text{faire}(\text{faveur})$ et *demande*, *accepte*, *refuse* sont des *forces illocutoires* (voir [18]). La règle R_1 exprime la politique par défaut de l'agent de refuser les faveurs. La règle R_2 exprime sa politique de faire une exception pour ses ami(e)s. Ainsi nous pouvons constater, comment notre formalisme permet de prendre en compte, comme nous l'avons dit, l'identité de l'interlocuteur (règles R_1, R_2) mais aussi le contexte du dialogue (règle C_1, C_2).

4 Conclusions et Travaux Relatifs

Nous avons présenté un modèle de raisonnement argumentatif originalement proposé dans (voir p. ex. [8], [9]). Dans ce papier notre objectif était de montrer que ce modèle est très bien situé pour représenter, de manière uniforme, différents processus de délibération d'un agent autonome. Pour cela nous avons considérés les cas de raisonnement pour le choix d'un objectif ou d'un collaborateur, la négociation et la communication (et plus spécialement le dialogue) entre agents. Le lecteur peut trouver une comparaison de notre modèle avec d'autres modèles, proposés dans le domaine du raisonnement argumentatif (p. ex., [2], [13], [15], [19], [20]) ou plus généralement du raisonnement non monotone (p. ex. [3], [4]), dans [8] et [9]. La capacité de notre modèle à satisfaire l'objectif fixé dans ce papier, est évidemment dû à ses caractéristiques. Ainsi par exemple, l'intégration des contextes par défaut (ou des rôles) et spéciaux, dans le processus de délibération des agents, fournit un degré élevé de flexibilité à l'adaptation du raisonnement de l'agent, à des environnements évolutifs. Ceci se traduit, par exemple dans le contexte de négociation, par une facilité au changement dynamique de stratégies pour les agents lorsque leur environnement de négociation change ou du comportement des agents quand leurs interlocuteurs et/ou le contexte changent durant un dialogue. Enfin, l'intégration de l'abduction (même si ceci n'est pas été utilisé dans ce papier) fournit au raisonnement une flexibilité supplémentaire face à l'information incomplète. Notre prochain travail

concernera l'utilisation de notre cadre d'argumentation pour proposer des nouveaux protocoles de négociation et de communication.

5 Références

- [1] L. Amgoud, S. Parsons and N. Maudet, Arguments, dialogue and negotiation, In Proc. ECAI-00, 338-342, 2000.
- [2] G. Brewka, Well founded semantics for extended logic programs with dynamic preferences, in Journal of Artificial Intelligence Research, Vol. 4, pp. 19-36, 1996.
- [3] Dumas M., Governatori G., A.H.M. ter Hofstede and P. Oaks, A Formal Approach to Negotiating Agents Development, In Electronic Commerce and Applications, Vol. 1, No 2, Elsevier Science Publications, 2002.
- [4] G. Governatori, A.H.M. ter Hofstede and P. Oaks. Defeasible logic for automated negotiation, In Proc. COLLECTeR, 2000.
- [5] P. Faratin, C. Sierra and N.R. Jennings. Using similarity criteria to make issue trade-offs in automated negotiation, In Artificial Intelligence, 2001.
- [6] N. R. Jennings, P. Faratin, A.R. Lomuscio, S. Parsons, C. Sierra and M. Wooldridge. Automated Negotiation: Prospects, methods and challenges, In Int. Journal of Group Decision and Negotiation, 2001.
- [7] A.C. Kakas, P. Mancarella and P.M. Dung. The acceptability semantics for logic programmes, In Proc. ICLP'94, 504-519, 1994.
- [8] A. Kakas and P. Moraitis, Argumentation Based Decision Making for Autonomous Agents, In Proc. 2nd Int. Joint Conference on Autonomous Agents and Multi-Agent Systems, (AAMAS03), 2003.
- [9] A. Kakas and P. Moraitis, Argumentative Agent Deliberation, Roles and Context, In Electronic Notes in Theoretical Computer Science, (ENTCS), 70(5), 2002.
- [10] N. Karacapilidis et P. Moraitis Engineering Issues in Inter-Agent Dialogues. In F. van Harmelen (Ed.) Proceedings of the 15th European Conference on Artificial Intelligence (ECAI 2002), Lyon, France, July 21-26, 2002, IOS Press, Amsterdam, pp. 58-62, 2002.
- [11] S. Kraus, Negotiation and Cooperation in Multi-Agent Environments, Artificial Intelligence, 94, 79-97, 1997.
- [12] P. Moraitis, Paradigme Multi-Agent et Prise de Décision Distribuée, Thèse de Doctorat, Université Paris IX-Dauphine, 1994.
- [13] S Parsons, C. Sierra and N.R. Jennings, Agents that Reason and Negotiate by Arguing, In Journal of Logic and Computation, 8(3), 261-292, 1998.
- [14] S. Parsons and N.R. Jennings, Negotiation through Argumentation-A Preliminary Report, In Proc. ICMAS96, 267-274, 1996.
- [15] H. Prakken and G. Sartor, A Dialectical Model of Assessing Conflicting Arguments in Legal Reasoning, In Artificial Intelligence and Law, Vol. 4, 331-368, 1996.
- [16] J.S. Rosenschein and G. Zlotkin, Roles of Encounter, MIT Press, 1994.

- [17] T.W. Sandholm. Distributed Rational Decision Making, In Multiagent Systems: A modern approach to distributed artificial intelligence, G. Weiss (eds.), 201-258, 1999.
- [18] J. Searle, Speech Acts: An Essay in the Philosophy of Language. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 1969.
- [19] C. Sierra, N.R. Jennings, P. Noriega and S. Parsons, A Framework for argumentation-based negotiation, In Proc. ATAL-97, 177-192, 1997.
- [20] K. Sycara. Argumentation: Planning other agents' plans, In Proc. IJCAI-89, 517-523, 1989.