

Résumé de la thèse :
 Formalisation logique de préférences qualitatives pour la
 sélection de la réaction d'un agent rationnel dialoguant

Gautier Meyer

21 juin 2006

1 Contexte de la thèse :

Le paradigme agent propose un point de vue attrayant pour modéliser les systèmes informatiques complexes de façon abstraite avec des notions intuitives. Dans le cas qui nous intéresse, les agents constituant de tels systèmes sont formalisés à partir de notions primitives appelées *attitudes mentales* telles que la croyance, le désir, l'intention, etc. [Rao and Georgeff, 1991][Sadek, 1991] et mis en œuvre par des mécanismes d'inférence automatique [Bretier, 1995]. Ce parallèle entre la façon de formaliser une application et la représentation que se fait tout un chacun d'entités animées permet, par exemple, de concevoir et de réaliser des systèmes de dialogue avancés ayant une propension naturelle à communiquer, tels que ceux mis en œuvre par la technologie *Artimis* [Sadek et al., 1997][Sadek and Mori, 1998][Sadek, 1999].

2 Problématique :

Un agent rationnel est avant tout une entité qui perçoit son environnement et agit dessus suivant le principe de rationalité (c'est-à-dire en cherchant à satisfaire ses intentions, en accord avec ses connaissances). Malheureusement, les formalisations de ce principe ne spécifient pas en général complètement les réactions d'un agent. Ceci est particulièrement gênant dans les situations complexes où il a plusieurs motivations (ou intentions) et/ou plusieurs moyens de les satisfaire (plans d'action). Par exemple, dans le cadre d'une interaction multimodale, un agent assistant qui fournit un itinéraire à un utilisateur doit choisir entre une modalité vocale (en énonçant les instructions) ou graphique (en montrant un plan) selon le contexte (cas de plusieurs plans satisfaisant la même intention).

C'est pourquoi les auteurs de [Haddawy and Hanks, 1993][Louis, 2002] ont affirmé la nécessité de faire explicitement le lien entre l'état mental et la réaction de l'agent. Par la suite, Louis dans [Louis, 2002] a proposé de diviser ce lien en deux phases distinctes : une phase de planification [Allen et al., 1991] et une de décision [Doyle and Thomason, 1999]. Ces deux phases se distinguent par leurs objectifs : la première vise à générer les réactions potentielles de l'agent (i.e. les alternatives) tandis que la seconde cherche à ordonner ces dernières pour choisir effectivement la réaction à mettre en œuvre. Cette dernière requière la modélisation de la *désirabilité* de chaque alternatives : les préférences de l'agent (voir [Öztürk et al., 2005] pour une vue d'ensemble).



Lien général entre état mental et réactions

Dans de nombreux domaines, une fonction d'utilité est souvent utilisée pour appréhender la notion de préférence et donc pour mettre en œuvre la phase de décision. L'utilité de chaque alternative est calculée et celle ayant la valeur la plus forte est choisie comme réaction. C'est une méthode très précise pour représenter les connaissances sur la désirabilité des alternatives. De plus, elle permet de prendre en compte la nature stochastique de l'environnement (notion

d'utilité espérée) et est développée depuis longtemps dans le contexte de la théorie de la décision (voir [Fishburn, 1999] pour une revue sélective des représentations numériques possibles de la préférence). Malheureusement, ces représentations numériques souffrent des quatre inconvénients suivants et sont donc peu adaptées à une modélisation cognitive d'un agent :

- La détermination de l'utilité est en pratique difficile. Elle nécessite un effort de spécification très important puisqu'elle demande de décrire précisément chaque alternative en ayant à l'esprit le problème dans sa globalité [Doyle and Wellman, 1994].
- Si « l'optimalité » du résultat n'est pas cruciale, cette méthode ne se justifie pas particulièrement [Brafman and Tennenholtz, 1997].
- Afin d'avoir une méthode de décision plus homogène avec la description interne de l'agent via des attitudes mentales, une technique *qualitative* plutôt que *quantitative* serait préférable [Dubois et al., 2001].
- Enfin, si l'on s'inspire du modèle humain pour modéliser les agents, il semble plus naturel de faire appel à des techniques de décision qualitatives [Brafman and Tennenholtz, 1997].

3 Notre proposition :

Afin de contourner ces quatre limitations, nous choisissons de baser le classement des alternatives sur une représentation logique des préférences (voir [Lang, 2004] et [Coste-Marquis et al., 2004] pour une comparaison non exhaustive de quelques représentations à base d'ordonnancement). De plus, afin de coller au plus près au sens commun nous supposons que les informations sur la désirabilité des alternatives sont des comparaisons qui vérifient les propriétés d'expansion, de transitivité, de *Ceteris Paribus*, qui sont spécifiées par points de vue éventuellement contradictoires, et telles que, par défaut, deux propriétés quelconques sont jugées indifférentes.

La plupart des formalismes logiques ([von Wright, 1972], [Doyle and Wellman, 1994], [Boutillier, 1994]) ne formalisant pas de façon satisfaisante l'hypothèse *Ceteris Paribus*, nous proposons notre propre définition. Celle-ci se base sur l'idée que les informations sur la désirabilité des alternatives doivent être utilisées comme des arguments¹ pour comparer les alternatives entre elles. Plus précisément, l'idée directrice de notre approche consiste à scinder la phase de spécification de la préférence en trois étapes. Dans un premier temps, les données initiales de chaque point de vue sont interprétées selon l'hypothèse *Ceteris Paribus*, ce qui génère, pour chaque point de vue, une *préférence partielle primitive*. Cette phase dite de génération permet d'exprimer de façon naturelle et intuitive les données initiales. Dans un deuxième temps, chaque préférence partielle primitive est étendue (au-delà de l'hypothèse *Ceteris Paribus*) en une *préférence partielle étendue*. Cette phase dite « d'extension » permet de départager un plus grand nombre d'alternatives. Dans un troisième temps, la *préférence globale* est construite, à partir de toutes les préférences partielles étendues spécifiées en parallèle, via un mécanisme d'élection. Cette phase dite « d'agrégation » permet de gérer des contradictions entre points de vue.

Dans notre approche, chaque préférence est modélisée par une relation binaire entre les objets à comparer ou « alternatives ». Dans le contexte des agents rationnels auquel nous nous intéressons, ces objets correspondent aux états du monde (i.e. aux différents modèles de la logique que nous utilisons pour les formaliser). Or il est difficile voire impossible de représenter exhaustivement toutes les caractéristiques d'un état du monde (voir par exemple le problème du cadre [McCarthy and Hayes, 1969]). Notre modèle associe donc en outre à chaque préférence un opérateur logique portant sur des couples de formules décrivant partiellement les états à comparer. En résumé, chaque préférence partielle est associée à la fois à (1) une relation binaire sur l'ensemble des alternatives et à (2) un opérateur sur des couples de formules logiques représentant les alternatives. Dans ce sens, notre vision est proche de celle de Von Wright, Boutillier, Doyle et Wellman, selon laquelle les préférences sont spécifiées par des descriptions mais s'appliquent à des alternatives « concrètes » qui vérifient ces descriptions. Par ailleurs, la phase d'agrégation de notre modèle adapte le travail de Rossi et al. qui consiste à dériver une décision à partir des préférences de plusieurs agents

¹Dans notre formalisation, le terme « argument » est utilisé pour son sens intuitif. Il ne réfère en aucun cas à une définition formelle telle que celles que l'on trouve dans les théories de l'argumentation.

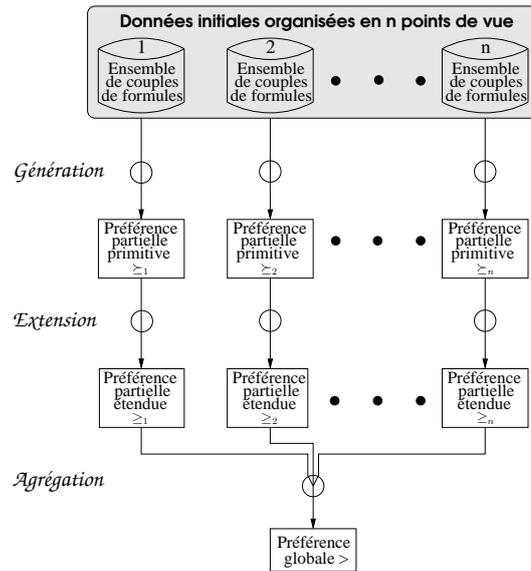


Schéma de construction des préférences

[Rossi et al., 2004]. Cette adaptation s'appuie sur l'idée développée dans [Dubois et al., 2001] selon laquelle la décision multi-critères et la décision multi-agents sont deux approches différentes de la même problématique. Chacune de nos *préférences partielles* joue ainsi le rôle de la préférence d'un agent dans le modèle proposé par Rossi et al. : chaque point de vue est un « argument » en faveur du classement qu'il propose.

4 Plan du document :

Dans le premier chapitre, nous présentons les systèmes cognitifs d'agents et en particulier le formalisme proposé par Rao et Georgeff ainsi que celui proposé par Sadek. Par la suite, nous mettons en évidence le fait que fréquemment ces formalismes ne permettent pas de (1) départager des alternatives que le sens commun départagerait et surtout de (2) spécifier clairement la réaction que le système met en oeuvre. Ce faisant nous présentons notre vision du cycle d'interaction de l'agent avec son environnement et ainsi affirmons que ces deux limitations sont des conséquences du manque d'une phase explicite de décision dans ces formalismes. Par la suite nous présentons les enrichissements que Louis a proposés au formalisme de Sadek afin de mettre explicitement en oeuvre cette phase de décision. Nous terminons ce chapitre en constatant la nécessité de nouvelles informations pour mettre en oeuvre cette phase de décision : les préférences.

Dans le second chapitre nous faisons un état de l'art de *la théorie de la décision*. Plus particulièrement, après avoir présenté rapidement cette théorie ainsi que les formalismes couramment utilisés basés sur des représentations numériques, nous exposons les formalismes logiques proposés par von Wright, Doyle et Wellman, Boutilier ainsi que celui des CP-nets. Nous montrons alors que les méthodes basées sur des représentations qualitatives sont plus prometteuses que celles basées sur des représentations quantitatives dans l'optique d'être utilisées au sein de formalismes logiques d'agents rationnels et en particulier afin de mettre en oeuvre des systèmes de dialogue.

Dans le troisième chapitre nous donnons un aperçu de notre proposition à savoir formaliser logiquement le concept de préférence. Plus précisément, après avoir donné les raisons d'une nouvelle modélisation logique de la préférence, nous exposons les hypothèses sur lesquelles se base notre travail puis donnons le schéma général de notre formalisation. Nous concluons ce chapitre en regardant les travaux connexes afin de mettre en évidence l'intérêt de notre travail.

Dans le quatrième chapitre nous donnons quelques repères pour mieux appréhender notre formalisme. Plus précisément, (1) nous faisons un rappel de la logique des prédicats du premier

ordre; (2) nous définissons la notation $\phi+\bar{\psi}$ ainsi que les concepts d'alternative, de préférence et d'indifférence; (3) nous exposons un exemple que nous reprendrons au travers des chapitres suivants afin d'illustrer notre proposition.

Dans le cinquième chapitre nous formalisons la notion à la base de notre proposition : la **préférence partielle primitive**. Celle-ci permet de spécifier de façon intuitive les préférences d'un agent. Après avoir formalisé de façon originale l'hypothèse *Ceteris Paribus*, nous exposons la syntaxe, la sémantique et l'axiomatique d'un nouvel opérateur logique (noté \succeq_i) permettant de décrire n'importe quelle relation de préférence partielle primitive. Par la suite, après avoir exposé les propriétés remarquables de cet opérateur, nous reprenons l'exemple introduit dans le chapitre précédent afin d'illustrer l'apport d'un tel opérateur.

Dans le sixième chapitre nous formalisons la notion de **préférence partielle étendue**. Cette dernière permet d'utiliser les informations décrites avec l'opérateur associé de préférence partielle primitive pour comparer les alternatives parmi lesquelles l'agent a à faire un choix. Après avoir formalisé ce que nous appelons l'hypothèse *Ceteris Imparibus*, nous exposons la syntaxe, la sémantique et l'axiomatique d'un second nouvel opérateur logique (noté \succeq_e) permettant de décrire n'importe quelle relation de préférence partielle étendue. Par la suite, après avoir exposé les propriétés remarquables de cet opérateur, nous reprenons l'exemple introduit dans le quatrième chapitre afin d'illustrer l'apport d'un tel opérateur.

Dans le septième chapitre nous formalisons la notion de **préférence globale**. Cette dernière permet de gérer les contradictions entre les diverses préférences partielles étendues qui peuvent être définies. Après avoir exposé la syntaxe et la sémantique d'un troisième nouvel opérateur logique (noté \succeq) permettant de décrire n'importe quelle relation de préférence globale, nous remarquons que la gestion des contradictions dépend de la politique d'agrégation choisie. C'est pourquoi nous exposons quelques exemples de politiques ainsi que leur axiomatisation puis discutons du choix d'une politique adaptée. Par la suite, nous proposons une voie pour utiliser cette relation de préférence globale afin de déterminer l'alternative à mettre en œuvre. Comme pour les deux chapitres précédents, nous terminons ce chapitre en reprenant l'exemple introduit dans le quatrième chapitre.

Dans le huitième et dernier chapitre nous proposons deux extensions possibles de notre formalisme. La première consiste en son intégration au sein du formalisme logique sur lequel se base la théorie de l'interaction proposée par Sadek. La seconde consiste en l'utilisation, dans une phase de décision, de préférences conjointement avec d'autres informations sur la désirabilité des alternatives. Cette dernière est à considérer comme un travail préliminaire et considère deux voies différentes : voir l'utilisation de ces informations sur la désirabilité des alternatives comme des filtres ou comme des arguments.

En annexe nous exposons les preuves relatives à notre formalisation de l'hypothèse *Ceteris Paribus* ainsi que celles relatives à l'opérateur de préférence partielle primitive et de préférence partielle étendue. Nous y exposons aussi quelques propriétés supplémentaires de la notation $\phi+\bar{\psi}$ ainsi qu'un rappel sur les relations binaires et sur le théorème d'Arrow.

Références

- [Allen et al., 1991] Allen, J. F., Kautz, H. A., Pelavin, R. N., and Tenenber, J. D. (1991). *Reasoning about plan*. Morgan Kaufmann.
- [Boutilier, 1994] Boutilier, C. (1994). Toward a logic for qualitative decision theory. In Doyle, J., Sandewall, E., and Torasso, P., editors, *Principles of Knowledge Representation and Reasoning : proceedings of the 14th International Conference (KR'94)*, pages 75–86. Kaufmann, San Francisco, CA.
- [Brafman and Tennenholtz, 1997] Brafman, R. and Tennenholtz, M. (1997). Modeling agents as qualitative decision makers. *Artificial Intelligence*, 94(1) :217–268.
- [Bretier, 1995] Bretier, P. (1995). *La communication orale coopérative : Contribution à la modélisation logique et à la mise en oeuvre d'un agent rationnel dialoguant*. PhD thesis, Université de Paris Nord, France.

- [Coste-Marquis et al., 2004] Coste-Marquis, S., Lang, J., Liberatore, P., and Marquis, P. (2004). Expressive power and succinctness of propositional languages for preference representation. In *proceedings of KR'04*, pages 203–212, Whistler, Canada.
- [Doyle and Thomason, 1999] Doyle, J. and Thomason, R. H. (1999). Background to qualitative decision theory. *AI Magazine*, 20(2) :55–68.
- [Doyle and Wellman, 1994] Doyle, J. and Wellman, M. (1994). Representing preferences as ceteris paribus comparatives. In *proceedings of the AAAI Symposium on Decision-Theoretic Planning*, Stanford, CA, USA. AAAI press.
- [Dubois et al., 2001] Dubois, D., Fargier, H., Perny, P., and Prade, H. (2001). Towards a qualitative multicriteria decision theory. In *proceedings of the Eurofuse Workshop on Preference Modeling and Applications*, pages 121–129, Granada, Spain.
- [Fishburn, 1999] Fishburn, P. (1999). Preference structures and their numerical representations. *Theoretical Computer Science*, 217(2) :359–383.
- [Haddawy and Hanks, 1993] Haddawy, P. and Hanks, S. (1993). Utility models for goal-directed decision theoretic planners. Technical Report TR-93-06-04, University of Washington - Department of Computer Science & Engineering, USA.
- [Lang, 2004] Lang, J. (2004). Logical preference representation and combinatorial vote. *Annals of Mathematics and Artificial Intelligence*, 42 :37–71.
- [Louis, 2002] Louis, V. (2002). *Conception et mise en oeuvre de modèles formels de calcul de plans d'action complexes par un agent rationnel dialoguant*. PhD thesis, Université de Caen/Basse-Normandie, France.
- [McCarthy and Hayes, 1969] McCarthy, J. and Hayes, P. J. (1969). Some philosophical problems from the standpoint of artificial intelligence. In *Machine Intelligence*, volume 4, pages 463–502. Edinburgh University Press.
- [Rao and Georgeff, 1991] Rao, A. S. and Georgeff, M. P. (1991). Modeling rational agents within a BDI-architecture. In *proceedings of KR'91*, pages 473–484, San Mateo, CA, USA.
- [Rossi et al., 2004] Rossi, F., Venable, K. B., and Walsh, T. (2004). mCP nets : representing and reasoning with preferences of multiple agents. In *proceedings of AAAI'04*, San Jose, CA, USA.
- [Sadek, 1991] Sadek, D. (1991). *Attitudes Mentales et Interaction Rationnelle : vers une théorie formelle de la Communication*. PhD thesis, Université de Rennes I, France.
- [Sadek, 1999] Sadek, D. (1999). Design considerations on dialogue systems : from theory to technology. the case of artimis. In *proceedings of IDS'99 (ETR Workshop on Interactive dialogue for multimedia systems)*, pages 173–187, Germany. Kloster Irsee.
- [Sadek et al., 1997] Sadek, D., Bretier, P., and Panaget, F. (1997). Artimis : Natural dialogue meets rational agency. In *proceedings of IJCAI'97*, volume 2, pages 1030–1035, NAGOYA, Aichi, Japan.
- [Sadek and Mori, 1998] Sadek, D. and Mori, R. D. (1998). *Spoken dialogs with computers*, chapter Dialogue systems, pages 523–561. Academic Press, London, UK.
- [von Wright, 1972] von Wright, G. (1972). The logic of preference reconsidered. *Theory and Decision*, 3 :140–169.
- [Öztürk et al., 2005] Öztürk, M., Tsoukiàs, A., and Vincke, P. (2005). *State of the Art in Multiple Criteria Decision Analysis*, chapter Preference Modelling, pages 27–72. Springer Verlag, Berlin, Germany.