

Vers une pertinence orientée agent des informations ^{*}

Stéphanie Roussel¹ Laurence Cholvy¹

ONERA, Centre de Toulouse
2, avenue Edouard Belin, 31055 Toulouse
Stephanie.Roussel@onera.fr

Résumé : Dans ce papier, on s'intéresse à la définition d'une pertinence orientée-agent. Pour cela, on définit un nouvel opérateur modal R_a^Q tel que $R_a^Q \varphi$ signifie qu'une information φ est pertinente pour l'agent a vis-à-vis d'une requête Q . On discute les propriétés de ce nouvel opérateur, ainsi que ses extensions et limites.

Mots-clés : Pertinence d'une information, système multi-agent, besoin en information

1 Introduction

Ce travail se place dans un cadre de modélisation des systèmes multi-agents dans lesquels des entités doivent coopérer de façon à réaliser une tâche qu'à priori aucune d'elles ne pourrait réaliser seule. Dans un tel contexte, ces entités qui coopèrent (que l'on appelle désormais agents), doivent communiquer, c'est-à-dire échanger des informations, par exemple pour avoir une vue globale de leur environnement. Cependant, si un agent reçoit l'ensemble de toutes les informations que les autres possèdent, il sera difficile pour lui de trouver dans cet ensemble les informations dont il a réellement besoin. Dans un souci d'efficacité, il faudrait donc que seules les informations dont les agents ont réellement besoin soient échangées, c'est-à-dire les informations qui sont pertinentes pour leurs besoins.

Dans ce papier, on propose une caractérisation formelle de la pertinence des informations dans le contexte d'échange d'informations.

D'après Borlund (2003), deux approches existent pour le concept de pertinence : la pertinence orientée système et la pertinence orientée agent. La première analyse la pertinence en terme de topicalité, d'à-propos, de degrés de ressemblance entre une information et une requête. La pertinence orientée système est au centre du domaine de la Recherche d'Informations (Chevallet (2004); Crestani & Lalmas (2001); Lalmas & van Rijsbergen (1993)). La deuxième approche définit une relation entre une information et l'agent qui la reçoit et analyse donc la pertinence en terme d'utilité, d'informativité pour

^{*}la thèse pendant laquelle ce travail a été effectué est financée par la DGA.

l'agent ... le but étant de définir une information pertinente pour un agent en fonction de son besoin en information. Selon Floridi (2007), il n'existe pas de définition pour la pertinence orientée agent. Floridi a proposé une interprétation de la pertinence épistémique basée sur l'analyse du degré de pertinence de la sémantique d'une information pour un agent rationnel qui la reçoit. Cette information est en fait considérée comme une réponse à une question, étant donnée la probabilité que cette question soit posée par l'agent qui reçoit l'information. Floridi s'intéresse en particulier à la précision de l'information, étant donnée la question à laquelle elle est associée.

Dans ce papier, comme Floridi, notre but est de contribuer à l'étude de la pertinence orientée agent. Pour cela, on utilise un modèle d'agent relativement classique à savoir le modèle BDI *belief-desire-intention* (Wooldridge (2000)). Ce modèle suppose que les agents sont caractérisés par des attitudes mentales, à savoir principalement la croyance, le désir et l'intention. La majorité des modèles basés sur BDI sont des logiques modales dont les opérateurs modaux sont utilisés pour représenter les différentes attitudes mentales. La sémantique de ces opérateurs est généralement donnée par la sémantique des mondes possibles (Chellas (1980)). En utilisant ce type de formalisme, notre but est de définir un nouvel opérateur pour représenter la pertinence orientée agent d'une information.

Ce papier est organisé de la façon suivante : la partie 2 présente le formalisme logique sur lequel on base notre travail. L'opérateur pertinence est défini dans la partie 3. On en étudie également diverses propriétés. Dans la partie 4, on propose des hiérarchies pour caractériser les informations les plus pertinentes. Finalement, on conclut dans la partie 5.

2 Outils de formalisation

On se base sur le cadre logique défini dans Herzig & Longin (2002), qui est une logique multi-modale propositionnelle dont les modalités sont la croyance et l'intention.

Soit \mathcal{A} l'ensemble des agents.

- **Croyance** A chaque agent a de \mathcal{A} , on associe un opérateur de croyance B_a . La formule $B_a\varphi$ se lit "L'agent a croit que φ ". On écrira $Bif_a\varphi$ à la place de $B_a\varphi \vee B_a\neg\varphi$. $Bif_a\varphi$ se lit "L'agent a sait ¹ si φ ". Classiquement, on utilise la logique KD45 (Chellas (1980)) pour modéliser la croyance. Les règles d'inférence sont :

- **Modus Ponens** : $\frac{\varphi \quad \varphi \rightarrow \psi}{\psi}$

- **Nécessitation** : $\frac{\varphi}{B_a(\varphi)}$

et les axiomes :

- **K** : $B_a(\varphi \rightarrow \psi) \rightarrow (B_a(\varphi) \rightarrow B_a(\psi))$

- **D** : $B_a(\varphi) \rightarrow \neg B_a(\neg\varphi)$

- **4** : $B_a(\varphi) \rightarrow B_a(B_a(\varphi))$

- **5** : $\neg B_a(\varphi) \rightarrow B_a(\neg B_a(\varphi))$

On suppose donc que les agents n'ont pas de croyances incohérentes (D) et qu'ils sont conscients de leurs croyances (4) ainsi que de leurs non-croyances (5).

¹On utilise ici le verbe "savoir" au lieu de croire car, dans le langage courant on ne dit pas qu'un agent croit si une information est vraie ou fausse.

- **Intention** A chaque agent a de \mathcal{A} , on associe un opérateur I_a . La formule $I_a\varphi$ se lit “L’agent a a l’intention que φ ”. Pour cet opérateur, on a seulement : $\frac{\varphi \leftrightarrow \psi}{I_a\varphi \leftrightarrow I_a\psi}$
 - **Relation entre croyance et intention** Comme dans Herzig & Longin (2002), on suppose qu’il y a réalisme fort entre intention et croyance, c’est-à-dire que si un agent a l’intention qu’une formule soit vraie, alors c’est qu’il croit que cette formule est fausse. Cette hypothèse peut être exprimée ainsi : $I_a\varphi \rightarrow B_a\neg\varphi$. On peut alors déduire la relation de réalisme faible : $I_aA \rightarrow \neg B_aA$ (si un agent a l’intention qu’une formule soit vraie, c’est qu’il ne croit pas que celle-ci est vraie). On montre également que $B_aA \rightarrow \neg I_aA$; $\neg B_aA \rightarrow \neg I_a\neg B_aA$.
De plus, on suppose les introspections positive et négative des intentions, c’est-à-dire $I_aA \rightarrow B_aI_aA$ et $\neg I_aA \rightarrow B_a\neg I_aA$
- Dans toute la suite, on appelle *requête* une formule sans opérateur modal.

3 Pertinence

3.1 Définition

Dans cette partie, on définit un nouvel opérateur R_a^Q . $R_a^Q\varphi$ signifie que la formule φ est pertinente pour l’agent a par rapport à la requête Q . On remarque ici que la pertinence dépend d’un agent. En effet, dans le cadre d’échange d’informations, on considère qu’une information ne peut pas être pertinente dans l’absolu mais doit être associée à un agent.

Avant de donner la définition formelle de cet opérateur, on note \otimes la disjonction exclusive généralisée à n formules, c’est-à-dire que si $\varphi_1, \dots, \varphi_n$ sont n formules alors $\varphi_1 \otimes \dots \otimes \varphi_n$ est vraie si et seulement si $\varphi_1 \vee \dots \vee \varphi_n$ est vraie et $\forall i, j (\varphi_i \wedge \varphi_j)$ est fausse.

Définition 1

Soit a un agent de \mathcal{A} , φ une formule et Q une requête.

$$R_a^Q\varphi \equiv I_a B_i f_a Q \wedge (B_a(\varphi \rightarrow Q) \otimes B_a(\varphi \rightarrow \neg Q)) \wedge \varphi$$

Dans cette définition, trois éléments apparaissent.

- **Le besoin en information d’un agent** $I_a B_i f_a Q$: On suppose que les agents qui échangent des informations ont des besoins en information. De plus, on suppose qu’un besoin en information est relativement simple et qu’il peut être modélisé de la façon suivante : l’agent a veut savoir si Q ou si $\neg Q$, Q étant une requête.². Formellement, le besoin en information s’écrit donc $I_a B_i f_a Q$, c’est-à-dire l’agent a a l’intention de savoir si Q .
- **Les croyances de l’agent** $B_a(\varphi \rightarrow Q) \otimes B_a(\varphi \rightarrow \neg Q)$: A partir de ses croyances et de l’information φ , l’agent doit être capable de répondre à son besoin en information Q , c’est-à-dire qu’il peut déduire soit Q soit $\neg Q$. Pour représenter cette déduction, on choisit ici l’implication logique.
Pour ce concept de croyance dans la notion de pertinence, deux points sont à noter :

²On ne s’intéresse pas dans cet article à la façon dont on passe du besoin en information à la (ou aux) requête(s)

- L'agent doit obligatoirement utiliser ses croyances pour répondre à son besoin en information.
- Si un agent, à partir d'une information φ , peut déduire à la fois Q et $\neg Q$, alors φ ne permet pas vraiment de répondre au besoin en information. L'utilisation de \otimes permet d'éviter ce cas.³
- **La valeur de vérité de l'information** φ : On considère ici qu'une information fausse ne peut pas être pertinente. La fausse information, bien qu'ayant un sens, est fausse. Si on analyse la pertinence épistémique en terme d'efforts cognitifs, la mésinformation est délétère. Par exemple, considérons un agent qui veut prendre le train pour Paris. Ce train doit partir à 13h05. Dans ce contexte, communiquer à l'agent le fait que le train part à 13h15 est nuisible (car il risque de rater son train). On ne peut donc pas considérer que l'information "le train part à 13h15" est pertinente pour l'agent.⁴

L'exemple qui suit permet d'illustrer ces différents éléments.

Exemple 1

Considérons trois agents a , b et c qui doivent prendre le train. Hélas, des incidents (modélisé par *incident*) en gare peuvent bloquer les trains et donc les retarder. Ainsi, les agents veulent savoir si leur train est en retard (modélisé par *retard*) ou non. Ces agents ont donc le même besoin en information que l'on peut respectivement formaliser par $I_a B_i f_a(\text{retard})$, $I_b B_i f_b(\text{retard})$ et $I_c B_i f_c(\text{retard})$ pour a , b et c .

Supposons que les croyances des agents soient différentes.

- $B_a(\text{incident} \rightarrow \text{retard})$,
- $B_b(\neg \text{incident} \rightarrow \neg \text{retard})$,
- $B_c(\text{incident} \leftrightarrow \text{retard})$.

Considérons l'information *incident*. Si cette information est vraie, alors les agents a et c peuvent en déduire que leur train est en retard. L'agent b , quant à lui, n'a pas les croyances suffisantes pour déduire quoi que ce soit sur le retard de son train. L'information *incident* est pertinente pour a et c mais pas pour b . Les agents utilisent donc leur croyances pour répondre à leurs besoins en information. De la même façon, si $\neg \text{incident}$ est une information vraie, alors elle est pertinente pour b et c .

Par contre, la formule *incident* est considérée comme non pertinente pour a car, certes elle permettrait de répondre à son besoin en information mais elle l'induirait en erreur.

3.2 Propriétés

Dans cette sous-partie, on énonce quelques propriétés de l'opérateur pertinence défini précédemment. La liste des propriétés n'est bien sûr pas exhaustive. On considère a

³Le \otimes permet également de ne pas s'occuper du cas où l'agent croyait $\neg\varphi$. En effet, dans ce cas, l'agent, à partir de φ peut déduire n'importe quoi.

⁴Cette pertinence peut être caractérisée comme contingente. La pertinence dans laquelle on ne considère pas la valeur de vérité de l'information est également intéressante à étudier. Elle peut être qualifiée de pertinence intrinsèque. Dans cet article, on se restreint à la pertinence contingente.

un agent de \mathcal{A} , Q , Q_1 et Q_2 sont des requêtes, φ , φ_1 et φ_2 sont des formules. Les propositions qui suivent sont des théorèmes de notre logique⁵.

Proposition 1

$$R_a^Q \varphi \rightarrow \neg B_a \varphi \wedge \neg B_a \neg \varphi$$

Si une information φ est pertinente pour un agent a , alors a ne croit ni φ (sinon il pourrait déjà répondre à son besoin en information), ni $\neg \varphi$ (sinon il aurait une base de croyances inconsistante).

Proposition 2

Soit $*$ un opérateur de révision de croyances satisfaisant les postulats AGM Alchourrón et al. (1985). On note Bel_a l'ensemble de croyances de l'agent a et $Bel_a * \varphi$ l'ensemble des croyances de a après révision de Bel_a par φ avec l'opérateur de révision $*$. On a alors $R_a^Q \varphi \rightarrow ((Bel_a * \varphi) \rightarrow Q) \otimes ((Bel_a * \varphi) \rightarrow \neg Q)$

Cette proposition montre que l'opérateur de déduction choisi, l'implication, correspond à un opérateur "basique" de révision de croyance. En effet, en révisant sa base de croyances avec l'information pertinente, l'agent peut, dans sa nouvelle base, répondre à son besoin en information.

Proposition 3

- $I_a Bif_a Q \rightarrow R_a^Q Q \otimes R_a^Q \neg Q$: une des informations Q ou $\neg Q$ est pertinente pour un besoin en information Q .
- $(Q_1 \leftrightarrow Q_2) \rightarrow (R_a^{Q_1} \varphi \leftrightarrow R_a^{Q_2} \varphi)$: une information pertinente pour une requête est également pertinente pour une requête équivalente à la première.
- $R_a^Q \varphi \leftrightarrow R_a^{\neg Q} \varphi$: une information pertinente pour une requête Q est également pertinente pour la requête $\neg Q$.
- $\neg(\varphi_1 \wedge \varphi_2) \rightarrow \neg(R_a^{Q_1} \varphi_1 \wedge R_a^{Q_2} \varphi_2)$: deux informations contradictoires ne peuvent pas être pertinentes simultanément.

Proposition 4

$$R_a^Q \varphi \rightarrow \neg B_a R_a^Q \varphi$$

Si une information φ est pertinente pour un agent a alors a ne le sait pas. En effet, la valeur de vérité est contenue dans la pertinence. Si l'agent croit que l'information est pertinente, il croit donc cette information. S'il croit cette information, alors il possède les croyances pour déduire à partir de celle-ci une réponse à son besoin en information. Or si l'agent peut par lui-même répondre à son besoin en information, c'est que ce besoin n'existe plus.

Notation. Dans ce qui suit, on notera $B_a(\varphi_1, \varphi_2 / Q)$ au lieu de $\neg(B_a(\varphi_1 \rightarrow Q) \wedge B_a(\varphi_2 \rightarrow \neg Q)) \wedge \neg(B_a(\varphi_1 \rightarrow \neg Q) \wedge B_a(\varphi_2 \rightarrow Q))$. Cette formule signifie que a croit que φ_1 et φ_2 ne permettent pas de déduire de contradiction par rapport à Q .

⁵Pour alléger, on omettra le symbole \vdash devant les théorèmes.

Proposition 5

$$B_a(\varphi_1, \varphi_2/Q) \rightarrow (\varphi_2 \wedge R_a^Q \varphi_1 \rightarrow R_a^Q(\varphi_1 \wedge \varphi_2))$$

Proposition 6

$$B_a(\varphi_1, \varphi_2/Q) \rightarrow (R_a^Q \varphi_1 \wedge R_a^Q \varphi_2 \rightarrow R_a^Q(\varphi_1 \vee \varphi_2))$$

Ces deux propositions montrent que l'opérateur pertinence que nous avons défini caractérise trop d'informations comme étant pertinentes. C'est ce qui est illustré dans l'exemple suivant :

Exemple 2

Reprenons l'exemple du train possiblement en retard à cause d'un incident. a est un agent qui a besoin de savoir si son train est en retard. Supposons que *incident* soit une information pertinente pour lui et supposons également que l'information "il pleut" modélisée par *pluie* soit une information vraie. Alors l'information *incident* \wedge *pluie* est une information pertinente pour a . En effet, elle contient les éléments nécessaires pour que l'agent réponde à son besoin en information. Cependant, on voudrait dire que l'information *incident* est plus pertinente que l'information *incident* \wedge *pluie* car cette dernière contient un élément (*pluie*) non-nécessaire pour répondre au besoin en information.

Toutes les informations caractérisées comme pertinentes le sont de façon suffisante dans le sens où elles permettent toutes de répondre au besoin en information. Le problème qui se pose ici est de caractériser, parmi ces informations suffisantes, celles qui ont le plus d'éléments nécessaires pour répondre à ce besoin en information. Les informations qui ne possèdent que des éléments nécessaires sont celles qui sont considérées comme étant le plus pertinentes.

4 Hiérarchies dans la pertinence

Dans cette sous-partie, on donne des exemples de hiérarchie caractérisant ce "nécessaire".

4.1 Cas des clauses et des cubes

On note \mathcal{R}_a^Q l'ensemble des formules qui sont pertinentes. On traite tout d'abord le cas des clauses et des cubes.

Clauses.

Considérons le cas où \mathcal{R}_a^Q est un ensemble de clauses.

Définition 2

Soient φ_1 et φ_2 deux clauses. On définit $\varphi_1 \leq_{C1} \varphi_2$ ssi $\vdash \varphi_2 \rightarrow \varphi_1$

Si l'on considère que les informations pertinents sont des clauses, alors les plus pertinentes sont les maxima du préordre défini ci-dessus. En effet, les maxima de ce préordre

sont les clauses qui ne sont subsumées par aucune autre. Ces informations sont donc les plus précises et peuvent être considérées comme étant les informations nécessaires. On peut alors définir des degrés de pertinence en prenant les maxima successifs du préordre.

Par exemple, supposons que $\mathcal{R}_a^Q = \{incident, incident \vee pluie, incident \vee pluie \vee greve, greve\}$. Alors les informations les plus pertinentes sont $\{incident, greve\}$. En effet, ce sont les plus précises. Ensuite, viennent $\{incident \vee pluie\}$ puis $\{incident \vee pluie \vee greve\}$.

Cubes.

Considérons le cas où \mathcal{R}_a^Q est un ensemble de cubes (conjonction de littéraux).

Définition 3

Soient φ_1 et φ_2 deux cubes. On définit $\varphi_1 \leq_{Cu} \varphi_2$ ssi $\vdash \varphi_1 \rightarrow \varphi_2$

Si l'on considère que les informations pertinentes sont des cubes, alors les plus pertinentes sont les maxima par ce préordre. En effet, les maxima par ce préordre sont les impliquants premiers de Q ou de $\neg Q$ ⁶Enderton (1972). Les informations les plus pertinentes sont alors bien celles qui contiennent juste les éléments nécessaires pour répondre au besoin en information. De même que pour les clauses, on peut définir des degrés de pertinence en prenant les maxima successifs.

Par exemple, supposons que $\mathcal{R}_a^Q = \{incident, incident \wedge pluie, incident \wedge pluie \wedge greve, greve\}$. Alors les informations les plus pertinentes sont $\{incident, greve\}$. En effet, ce sont celles qui contiennent les éléments nécessaires. Ensuite, viennent $\{incident \wedge pluie\}$ puis $\{incident \wedge pluie \wedge greve\}$.

Formules générales.

En ce qui concerne les formules générales, la hiérarchie est beaucoup plus délicate à établir. En effet, les informations qui sont les plus pertinentes pour le préordre des clauses sont celles qui sont le moins pertinentes pour le préordre des cubes. Néanmoins, on verra dans les paragraphes suivants qu'une telle hiérarchie est possible mais qu'elle est syntaxique.

4.2 La "relevance" de Lakemeyer

Dans ce paragraphe, on compare notre opérateur de pertinence avec une approche de la littérature : la *relevance*⁷ de Lakemeyer (1997). Dans cet article, Lakemeyer définit différentes relevances et introduit également d'autres travaux (Marquis (1991), Lin & Reiter (1994)). Cependant, dans un souci de concision, nous ne regarderons de plus près

⁶On rappelle qu'un impliquant est premier s'il cesse d'être un impliquant dès qu'on enlève un de ses littéraux.

⁷Pour éviter toute confusion entre la pertinence de Lakemeyer et celle introduite dans cet article, on gardera la terminologie anglaise "relevance" lorsque l'on traitera de la pertinence de Lakemeyer.

que celle qui paraît la plus proche de notre pertinence.⁸

Tout d'abord, rappelons quelques définitions et notations de Lakemeyer (1997), nécessaires pour sa définition de la relevance.

- une formule ou un ensemble de formules Δ *mentionne* un atome p si p ou $\neg p$ apparaît dans Δ .
- une formule est *objective* si elle ne contient pas d'opérateur modal.
- un *sujet d'intérêt* π est un ensemble d'atomes.
- $\pi_\Delta = \{p \mid p \text{ est un atome mentionné dans } \Delta\}$

Lakemeyer définit ensuite la notion d'explication minimale.

Définition 4

Soit Δ une ensemble fini de formules.

Si $\not\models \Delta$ alors $lits(\Delta)$ est l'ensemble de littéraux de la forme CNF de Δ .

Si $\models \Delta$ (Δ ne contient que des tautologies) alors $lits(\Delta) = \{\}$

Définition 5

Soient Δ un ensemble fini de formules objectives, α et β deux formules objectives.

β est une explication de α ssi $\models B\Delta \rightarrow B(\beta \rightarrow \alpha)$ et $\not\models B\Delta \rightarrow B(\neg\beta)$.

β est une explication minimale de α ssi β est une explication de α et qu'il n'y a pas d'explication β' de α telle que $lits(\beta') \subseteq lits(\beta)$

Lakemeyer définit alors la relevance de la façon suivante :

Définition 6

Un sujet d'intérêt π est *relevant* pour α par rapport à Δ (noté $RX_\Delta(\pi, \alpha)$) ssi il existe une explication minimale non triviale⁹ de α qui mentionne un $p \in \pi$.

Intuitivement, un sujet d'intérêt est relevant pour une formule s'il contient des atomes nécessaires à l'explication de cette formule.

Exemple 3

Considérons l'ensemble $\Delta = \{incident \wedge greve \rightarrow retard, incident \wedge greve \wedge pluie \rightarrow retard\}$. Ici, l'explication minimale de *retard* est *incident* \wedge *greve*. Ainsi, tout sujet d'intérêt contenant un des atomes *incident* ou *greve* est considéré comme relevant pour *retard* par rapport à Δ .

Pour pouvoir étudier le lien entre la relevance et la pertinence, on considère un agent et l'ensemble de ses croyances. Cet ensemble correspond à l'ensemble de formules Δ de Lakemeyer. Les formules que l'on va chercher à expliquer sont la requête et sa négation. Le sujet d'intérêt potentiellement relevant pour ces formules est l'ensemble des atomes de la formule φ pertinente.

⁸Dans Lang & Liberatore & Marquis (2003), les auteurs introduisent une notion de dépendance entre variables et retrouvent plusieurs concepts de la littérature dont la pertinence de Lakemeyer. Nous gardons ici l'approche de Lakemeyer (1997).

⁹Une formule est triviale si elle est équivalente à une tautologie.

Proposition 7

Soient φ et Q deux formules objectives. On note Δ_a la base de croyances de l'agent a qui a le besoin en information Q . On suppose que cette dernière est finie. On a alors le théorème suivant :

$$R_a^Q \varphi \rightarrow RX_{\Delta_a}(\pi_\varphi, Q) \otimes RX_{\Delta_a}(\pi_\varphi, \neg Q)$$

Si une information est pertinente pour répondre à une requête (c'est-à-dire qu'elle permet de déduire soit la requête, soit sa négation) alors c'est qu'elle contient des éléments nécessaires à l'explication de la requête ou de sa négation. Cela revient à dire que l'ensemble des informations suffisantes pour répondre au besoin en information contient l'ensemble des informations nécessaires pour répondre au besoin en information.

4.3 Retour sur les formules générales

L'explication minimale introduite par Lakemeyer induit un préordre sur les formules générales.

En effet, on a la proposition suivante :

Proposition 8

Soient φ_1 et φ_2 deux formules objectives et pertinentes pour un agent a .¹⁰ On introduit la relation \leq_{exp} définie par $\varphi_1 \leq_{exp} \varphi_2$ ssi φ_2 est une explication de φ_1 . La relation \leq_{exp} est un préordre.

Ce préordre est utilisé par Lakemeyer pour caractériser les sujets d'intérêts relevant pour une requête. Cependant, on peut l'utiliser pour hiérarchiser les informations pertinentes (selon notre opérateur).

Proposition 9

Soit \mathcal{R}_a^Q l'ensemble des formules pertinentes. On note $\mathcal{R}_{m_a}Q = \max_{\leq_{exp}} \mathcal{R}_a^Q$, c'est-à-dire l'ensemble des formules pertinentes maximales selon le préordre \leq_{exp} .

Considérons une formule φ appartenant à $\mathcal{R}_{m_a}Q$. Alors non seulement il existe une explication minimale de Q ou de $\neg Q$ qui mentionne au moins un atome de φ ($RX_{\Delta_a}(\pi_\varphi, Q) \otimes RX_{\Delta_a}(\pi_\varphi, \neg Q)$) mais φ est cette explication minimale de Q ou de $\neg Q$.

Avec ce préordre on caractérise donc les informations pertinentes nécessaires (selon l'explication minimale) et suffisantes pour répondre au besoin en information. On remarque que ce préordre sur les formules générales, s'il est réduit aux clauses ou aux cubes, se ramène aux préordres définis dans la partie précédente. Il généralise donc ce qui a déjà été fait. Le seul problème de ce préordre est qu'il est syntaxique et qu'il dépend donc de la forme des formules.

¹⁰Le fait que les formules soient pertinentes implique que : 1. les formules considérées ne sont pas des contradictions 2. les formules considérées et leurs négations n'appartiennent pas à la base de croyances Δ_a de l'agent

5 Conclusion

La contribution majeure de ce travail est la définition d'une pertinence orientée agent. Dans le cadre des modèles BDI, nous avons défini un nouvel opérateur représentant le fait qu'une information était pertinente pour un agent par rapport à un besoin en information de celui-ci. Nous avons montré que cet opérateur pouvait être utilisé dans le cas de systèmes multi-agents. Cependant, les formules considérées comme pertinentes sont trop nombreuses. Même si elles sont toutes suffisantes pour répondre au besoin en information de l'agent, elles peuvent contenir des éléments non nécessaires. Dans le cas des clauses et des cubes, on propose des hiérarchies pour sélectionner les informations nécessaires et donc les plus pertinentes. Pour les formules générales, une comparaison avec des travaux existants sur la pertinence nous a permis de sélectionner, syntaxiquement, les formules nécessairement pertinentes.

Ce travail peut être étendu de plusieurs manières.

Tout d'abord, il est possible de replacer l'opérateur pertinence défini ici dans un contexte multi-agents. On s'aperçoit alors qu'un agent, pour savoir si une information est pertinente pour un autre, doit connaître non seulement les besoins en information des autres agents mais aussi leurs croyances. Nombreux sont donc les cas où les agents pensent avoir des informations pertinentes pour d'autres alors qu'elles ne le sont pas.

Le cas où les requêtes sont des requêtes à choix multiples a été étudié. Il permet de définir des degrés de pertinence partielle dans le cas où une information ne répond pas complètement au besoin en information mais élimine une partie des réponses possibles. Il serait intéressant d'étendre cette notion de degré de pertinence, par exemple, dans le cas de deux agents qui en combinant leurs informations obtiendraient une information pertinente pour un troisième.

Un passage en logique du premier ordre permettrait également de traiter des besoins en information plus complexes.

Finalement, il serait intéressant d'étudier la pertinence pour d'autres besoins que le besoin en information. Par exemple, un agent pourrait avoir un *besoin de vérification*, c'est-à-dire qu'il aurait besoin de vérifier que ces croyances sont vraies. Dans ce cas, les informations pertinentes seraient celles qui confirment ou qui contredisent ses croyances. De façon symétrique, un agent pourrait avoir un *besoin de complétion*, c'est-à-dire qu'il voudrait être au courant de toutes les informations vraies (dans un domaine donné par exemple).

Références

- ALCHOURRÓN C., GÄRDENFORS P. & MAKINSON D. (1985). On the logic of theory change : partial meet contraction and revision functions. In *Journal of Symbolic Logic*, volume 50, p. 510–530.
- BORLUND P. (2003). The Concept of Relevance in IR. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, **54(10)**, 913–925.
- CHELLAS B. F. (1980). *Modal logic : An introduction*. Cambridge, MA : Cambridge University Press.

- CHEVALLET J.-P. (2004). Modélisation logique pour la recherche d'information. In *Les systèmes de recherche d'information* p. 105–138 : Hermes.
- CRESTANI F. & LALMAS M. (2001). Logic and uncertainty in information retrieval. In *Lecture Notes in Computer Science*, p. 179–206.
- ENDERTON H. (1972). In *A Mathematical Introduction to Logic* : Academic Press.
- FLORIDI L. (2007). Understanding epistemic relevance. *Erkenntnis*.
- HERZIG A. & LONGIN D. (2002). A logic of intention with cooperation principles and with assertive speech acts as communication primitives . In C. CASTELFRANCHI & W. L. JOHNSON, Eds., *Proc. 1st Int. Joint Conf. on Autonomous Agent and Multi-Agent System (AAMAS 2002)* , Bologna, p. 920–927 : ACM Press.
- LAKEMEYER G. (1997). Relevance from an epistemic perspective. *Artif. Intell.*, **97**(1-2), 137–167.
- LANG J. & LIBERATORE P. & MARQUIS P. (2003) Propositional Independence - Formula-Variable Independence and Forgetting In *Journal of Artificial Intelligence Research*, p. 391–443
- LALMAS M. & VAN RIJSBERGEN C. (1993). A model of information retrieval system based on situation theory and dempster-shafer theory of evidence. In *Proceedings of the 1st Workshop on Incompleteness and Uncertainty in Information Systems*, p. 62–67.
- LIN F. & REITER R. (1994). Forget it ! In R. GREINER & D. SUBRAMANIAN, Eds., *Working Notes, AAAI Fall Symposium on Relevance*, p. 154–159, Menlo Park, California : American Association for Artificial Intelligence.
- MARQUIS P. (1991). Novelty revisited. In *ISMIS '91 : Proceedings of the 6th International Symposium on Methodologies for Intelligent Systems*, p. 550–559, London, UK : Springer-Verlag.
- WOOLDRIDGE M. (2000). In *Reasoning about rational agents*, Cambridge, Massachusetts : The MIT Press.