

Une définition en logique modale de la pertinence orientée agent.

S. Roussel

stephanie.roussel@onera.fr

L. Cholvy

laurence.cholvy@onera.fr

ONERA - Toulouse DTIM
BP 54025
31055 Toulouse Cedex 4 - FRANCE

Abstract:

Ce papier étudie la notion de la pertinence dans le contexte de système multi-agents dans lesquels les agents échangent des informations de façon coopérative. Plus précisément, on donne la définition de ce que sont les informations pertinentes pour un agent qui a un besoin en information. On analyse ensuite cette définition en mettant en avant ses limites et ses extensions.

Mots-clés : pertinence d'une information, systèmes multi-agents, besoin en information

Keywords: relevant piece of information, multiagent system, information need

1 Introduction

Le contexte général de travail est la modélisation de systèmes multi-agents. Dans de tels systèmes, les agents doivent agir de façon coopérative afin que la réalisation de leurs buts individuels permette la réalisation du but global du système. En particulier, les agents doivent communiquer de façon coopérative, ce qui signifie dans un premier temps que l'information échangée est facilement comprise par l'agent qui la reçoit (le récepteur), c'est à dire que son interprétation par le récepteur ne requiert ni un temps trop long ni un effort trop important. Mais plus important, cela implique que l'information échangée est exactement celle utile au récepteur pour la réalisation de son but individuel. Plus précisément, la réalisation du but individuel génère pour le récepteur des besoins en information, c'est à dire requiert l'acquisition d'informations que l'on appelle informations pertinentes.

Le concept de pertinence est un concept clé dans plusieurs domaines. Dès lors, de nombreuses approches et définitions de ce concept existent. D'après Borlund [3], les définitions de la pertinence peuvent être classées en deux catégories selon qu'elles visent à définir la pertinence "orientée système" ou la pertinence "orientée agent".

Les premières analysent la pertinence en terme de mots-clés, de sujets d'intérêt ou thèmes, de degrés de ressemblance entre une information

et une requête, ou en terme de dépendance. La plupart des travaux sur cette approche peuvent être trouvés dans :

- le domaine de la recherche d'information [6, 7, 11] ; étant donnée une requête, un système de recherche d'information retourne les documents qui sont pertinents pour la requête.
- le domaine de l'intelligence artificielle [10, 12] ; dans le contexte de la logique propositionnelle, la notion de pertinence a été introduite pour caractériser la relation qui peut exister entre une formule (représentant un propos) et un ensemble de variables (représentant un sujet d'intérêt ou un thème), ou entre deux formules. Dans cette optique, l'inférence dans des bases de connaissances ou de données peut être accélérée.
- le domaine des logiques de la relevance [2, 18] ; les logiques de la relevance résolvent le problème posé par le concept de conséquence "classique". En effet, celle ci, parce qu'elle ne connecte pas des propositions uniquement par leurs contenus, entraîne un certain nombre de paradoxes.

D'un autre côté, les approches dites orientées agent de la pertinence tentent de définir une relation entre un agent et une information. La pertinence est analysée en terme d'utilité ou informativité pour l'agent. Ainsi, les informations pertinentes sont définies en fonction d'un besoin en information de l'agent. La plupart des travaux sur cette approche sont relativement informels.

- Dans le domaine de la recherche d'information, Borlund [3] et Mizzaro [15] classifient les différentes pertinences orientées agent en fonction du niveau de l'utilisateur considéré.
- Dans le domaine de la psychologie, Sperber et Wilson [17] définissent une théorie psychologique cognitive, la théorie de la pertinence, basée sur la définition informelle suivante : *An input (a sight, a sound, an utterance, a memory) is relevant to an individual when it connects with background information he has available to yield conclusions that matters to him.*

- Dans le domaine de la philosophie, Floridi [8] a développé une interprétation subjectiviste de la pertinence épistémique. Dans la théorie de Floridi, *the degree of relevance of a piece of information I towards an agent A is defined as a function of the accuracy of I understood by A as an answer to a query Q, given the probability that Q might be asked by A.*

Dans ce papier, notre but est de contribuer à l'étude de la pertinence orientée agent en donnant une définition formelle.

Pour cela, nous utilisons le modèle d'agents BDI (*Belief-Desire-Intention*) [19] dans lequel on considère qu'un agent est caractérisé par ses attitudes mentales, ces attitudes étant principalement la croyance, le désir et l'intention. La majorité des modèles formels 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 [5].

Ce papier est organisé de la façon suivante : la section 2 présente le cadre de logique multimodale sur lequel nous basons notre travail. La section 3 traite de la pertinence concernant un besoin en information d'un agent. Dans la section 4, nous définissons une hiérarchie qui caractérise les informations les plus pertinentes. Dans la section 5, nous comparons la pertinence définie dans ce papier avec un travail du domaine de l'intelligence artificielle. Des extensions de la pertinence définie sont présentées dans les sections 6 et 7. Finalement, la section 8 conclut ce papier.

2 Cadre logique

On base notre travail sur le cadre logique défini dans [9]. On utilise donc une logique multimodale propositionnelle dont les opérateurs modaux sont la croyance et l'intention.

La sémantique de cette logique a été étudiée dans [9]. Dans ce papier, on ne considère que l'aspect axiomatique.

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

- **Croyance.** Un opérateur modal de croyance B_a est associé à chaque agent a de \mathcal{A} . La formule $B_a\varphi$ se lit "l'agent a croit que φ ". On écrira $Bif_a\varphi$ au lieu de $B_a\varphi \vee B_a\neg\varphi$.

$Bif_a\varphi$ se lit "l'agent a sait¹ si φ ". On utilise les axiomes KD45 pour la croyance [5]. Les règles d'inférence sont :

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

Les axiomes sont :

- **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 inconsistantes (D) et qu'ils sont conscients de leurs croyances (4) et de leur non-croyances (5).

- **Intention.** Un opérateur modal I_a est associé à chaque agent a de \mathcal{A} . $I_a\varphi$ se lit "l'agent a a l'intention que φ ". Pour cet opérateur, on suppose seulement la règle d'inférence :

$$\frac{A \leftrightarrow B}{I_a A \leftrightarrow I_a B}$$

- **Relation entre croyance et intention.**

Comme dans [9], on suppose un **réalisme fort**. On considère donc que si un agent a l'intention qu'une proposition soit vraie alors il croit que cette proposition est fausse. Cela s'exprime par

$$I_a A \rightarrow B_a \neg A$$

De ce postulat, on prouve que :

- $I_a A \rightarrow \neg B_a A$: si un agent a l'intention qu'une proposition soit vraie alors il ne croit pas cette proposition.
- $I_a A \rightarrow \neg I_a \neg A$;
- $\neg B_a A \rightarrow \neg I_a \neg B_a A$

De plus, on suppose des introspections négative et positive. C'est à dire que $I_a A \rightarrow B_a I_a A$ et $\neg I_a A \rightarrow B_a \neg I_a A$.

3 Pertinence

3.1 Notations préliminaires

- une formule *objective* est une formule qui ne contient pas d'opérateur modal. Une *requête* est une formule objective.
- Dans ce qui suit, l'opérateur \otimes représente la disjonction exclusive généralisée à n formules, c'est à dire que si A_1, \dots, A_n sont n formules alors $A_1 \otimes \dots \otimes A_n$ est vraie si et seulement si $A_1 \vee \dots \vee A_n$ est vrai et si pour tout i

¹Dans le langage naturel, on utilise le verbe savoir au lieu de croire

et j tels que $i \neq j$, $\neg(A_i \wedge A_j)$ est vraie. On définit l'opérateur \otimes de la façon suivante :

$$\bigotimes_{i=1}^n A_i \equiv A_1 \otimes A_2 \otimes \dots \otimes A_n$$

Pour $n = 1$, on a $\bigotimes_{i=1}^1 Q_i \equiv Q_1$

3.2 Définition

Dans cette section, on introduit une définition formelle de la pertinence de la façon suivante :

Définition 1 Soit a un agent de \mathcal{A} , φ une formule et Q une requête. On dit que φ est pertinente pour l'agent a par rapport à sa requête Q si et seulement si

$$I_a \text{Bif}_a Q \wedge \varphi \wedge (B_a(\varphi \rightarrow Q) \otimes B_a(\varphi \rightarrow \neg Q))$$

Cette formule sera notée $R_a^Q \varphi$.

Cette définition comprend trois principaux éléments :

- **Le besoin en information de l'agent** $I_a \text{Bif}_a Q$: On suppose que les agents qui échangent des informations ont des besoins en information. Dans un premier temps, on suppose que ces besoins en information sont relativement simples et peuvent être modélisés 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 $I_a \text{Bif}_a Q$, qui signifie que l'agent a a l'intention de savoir si Q .
- **Les croyances de l'agent** $B_a(\varphi \rightarrow Q) \otimes B_a(\varphi \rightarrow \neg Q)$: C'est en utilisant ses croyances et l'information pertinente que l'agent doit être capable de répondre à sa requête Q , c'est à dire de déduire Q ou déduire $\neg Q$. Pour représenter cette déduction, on choisit l'implication logique. Si une information permet à un agent de déduire à la fois Q et $\neg Q$, alors cette information ne répond pas vraiment au besoin en information. L'utilisation de \otimes empêche ce cas d'arriver³.
- **La valeur de vérité de l'information** φ : on considère qu'une information fautive ne

peut pas être pertinente. En effet, une information fautive, bien qu'elle ait un sens, est fautive. Si on analyse la pertinence en terme d'efforts cognitifs, la désinformation est délétère. Par exemple, considérons un agent qui doit prendre le train. Ce train part à 13h05. Dans ce contexte, dire à l'agent que son train part à 13h15 est dommageable (car l'agent peut manquer son train). Ainsi, on ne peut pas considérer que l'information "Le train part à 13h15" est pertinente pour l'agent⁴.

L'exemple suivant permet d'illustrer la définition de la pertinence.

Exemple 1 Soient a et b deux agents qui doivent prendre le train. Malheureusement pour eux, des incidents dans les gares peuvent bloquer les trains et entraîner des retards. Les agents veulent donc savoir si leur train est en retard (modélisé par *retard*). Considérons l'information "Il y a un incident", modélisé par *inc*. Dans notre contexte, on suppose que cette information est vraie.

L'agent a veut savoir si son train est en retard. Ainsi, il a le besoin en information $I_a \text{Bif}_a(\text{retard})$. L'agent a croit que s'il y a un incident, alors son train est en retard. Cette croyance est modélisée par $B_a(\text{inc} \rightarrow \text{retard})$. Ainsi, dans ce contexte, on a :

- $I_a \text{Bif}_a(\text{retard})$
- $B_a(\text{inc} \rightarrow (\text{retard}))$
- *inc*
- On peut donc déduire $R_a^{\text{retard}}(\text{inc})$

Cela signifie que l'information *inc* est pertinente pour l'agent a par rapport à sa requête *retard*.

L'agent b veut également savoir si son train est en retard ou non. Ses croyances sont différentes de celles de a . En effet, l'agent b croit que s'il n'y a pas d'incident, alors son train n'est pas en retard. Ceci peut être modélisé par $B_b(\neg \text{inc} \rightarrow \neg \text{retard})$ ⁵. Dans ce contexte, on a donc :

- $I_b \text{Bif}_b(\text{retard})$
- $B_b(\neg \text{inc} \rightarrow \neg \text{retard})$
- *inc*

Cette fois, l'information *inc* n'est pas pertinente pour l'agent b car il ne peut déduire ni *retard*,

⁴Dans quelques cas particuliers, la désinformation peut être pertinente. Par exemple, il est pertinent pour un professeur d'apprendre qu'un de ses élèves ne sait pas sa leçon. Cependant, dans ce cas, ce n'est pas la leçon fautive qui est pertinente mais le fait que l'élève se trompe.

⁵Il faudrait également supposer que b n'a pas d'autre croyance sur incident et retard, en particulier, $\neg B_b(\text{inc} \rightarrow \text{retard})$ et $\neg B_b(\text{inc} \rightarrow \neg \text{retard})$

²Dans ce papier, on ne s'intéresse ni au passage des buts individuels vers les besoins en informations, ni des besoins en information (tels qu'ils sont perçus par l'agent) vers une requête formelle.

³L'utilisation de \otimes permet d'empêcher le cas où l'agent croit $\neg \varphi$

ni \neg retard.

L'information \neg inc, qui est fausse dans notre contexte, ne peut pas être pertinente pour b car certes elle lui permettrait de répondre à son besoin en information mais sa conclusion serait erronée.

3.3 Propriétés

Dans cette partie, on étudie quelques propriétés de la pertinence définie dans la partie précédente. Soient a un agent de \mathcal{A} , Q , Q_1 et Q_2 des requêtes, φ , φ_1 , φ_2 des formules. Les propositions qui suivent sont des théorèmes de la logique définie.⁶

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 cet agent ne croit ni φ (sinon, il pourrait déjà répondre à son besoin en information), ni $\neg \varphi$ (sinon il pourrait à la fois déduire Q et $\neg Q$).

Proposition 2 Soit $*$ un opérateur de révision de croyances satisfaisant les postulats AGM [1]. Bel_a représente l'ensemble des croyances de l'agent a et $Bel_a * \varphi$ l'ensemble des croyances de a après révision par φ en utilisant l'opérateur $*$. Alors, on a $R_a^Q \varphi \rightarrow ((Bel_a * \varphi) \rightarrow Q) \otimes ((Bel_a * \varphi) \rightarrow \neg Q)$

Cette proposition montre que l'opérateur de déduction que l'on a choisi, l'implication logique, correspond à un opérateur "basique" de révision de croyances. En effet, si un agent révisé ses croyances avec l'information pertinente, sa nouvelle base de croyances contiendra la réponse à son besoin en information.

Proposition 3 $I_a Bif_a Q \rightarrow R_a^Q Q \otimes R_a^Q \neg Q$: une et une seule des informations Q ou $\neg Q$ est pertinente pour l'agent a par rapport à sa requête Q .

$(Q_1 \leftrightarrow Q_2) \rightarrow (R_a^{Q_1} \varphi \leftrightarrow R_a^{Q_2} \varphi)$: si deux requêtes sont équivalentes, toute information pertinente par rapport à la première est pertinente par rapport à la deuxième.

$R_a^Q \varphi \leftrightarrow R_a^{\neg Q} \varphi$: une information pertinente pour la 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 toutes deux pertinentes.

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. Ceci est dû à la valeur de vérité de l'information présente dans la définition de la pertinence. Si un agent croit qu'une information est pertinente pour lui, alors c'est qu'il croit que cette information est vraie. S'il croit que cette information est vraie, alors il peut déduire de sa base de croyances la réponse à son besoin en information. C'est en contradiction avec le fait que l'agent ait un besoin en information.

Notation. Dans ce qui suit, on écrira $B_a(\varphi_1, \varphi_2 / Q)$ 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 l'agent a croit que φ_1 et φ_2 ne permettent pas de déduire une contradiction par rapport à Q .

Proposition 5 $B_a(\varphi_1, \varphi_2 / Q) \rightarrow (R_a^Q \varphi_1 \rightarrow R_a^Q(\varphi_1 \wedge \varphi_2))$

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 la définition que l'on donne de la pertinence caractérise trop d'informations pertinentes. L'exemple suivant illustre ce propos.

Exemple 2 Considérons l'exemple du train qui peut être en retard à cause d'incidents. L'agent a a besoin de savoir si train est en retard ou non et on suppose que l'information inc est pertinente pour lui concernant cette requête.

Supposons que l'information "il pleut", modélisée par $pluie$ soit vraie dans notre contexte. Alors, l'information $inc \wedge pluie$ est pertinente pour l'agent a . En effet, elle contient tous les éléments nécessaires à a pour qu'il puisse répondre à son besoin en information. Néanmoins, intuitivement, l'information inc est plus pertinente que $inc \wedge pluie$ car cette dernière contient l'élément $pluie$ qui n'est pas nécessaire à a par rapport à retard.

⁶Pour alléger, on n'écrira pas le symbole \vdash devant les théorèmes.

Toutes les informations caractérisées comme pertinentes sont “suffisamment” pertinentes. En effet, chacune permet de répondre au besoin en information. D’un autre côté, on pourrait considérer les informations qui sont “nécessairement” pertinentes, c’est à dire celles sans lesquelles l’agent a ne peut pas répondre à son besoin en information. En combinant les deux concepts, on peut trouver, parmi les informations “suffisamment” pertinentes, celles qui le sont le plus “nécessairement”. Ainsi, les informations les plus nécessaires sont celles qui sont le plus pertinentes.

4 Une hiérarchie pour la pertinence

Dans cette section, on caractérise la notion de “nécessairement pertinent” décrite précédemment.

4.1 Explication minimale

Pour cela, on introduit tout d’abord la notion d’explication minimale. Cette notion a été utilisée dans [10] par Lakemeyer pour définir la pertinence. Cependant, la définition d’explication minimale de [10] est très syntaxique⁷ Afin d’avoir une définition “plus sémantique”, on adapte la définition de Lakemeyer en utilisant des notions d’indépendance sémantique définies dans [12].

Définition 2 Soit φ une formule objective. On dit que φ est en Forme Négation Normal (NNF) si et seulement si seuls des symboles propositionnels apparaissent derrière un \neg dans φ . On note $Lit(\varphi)$ l’ensemble des littéraux apparaissant dans la forme NNF de φ .

Par exemple, $\varphi = \neg((\neg a \wedge b) \vee c)$ n’est pas dans sa forme NNF car après le premier \neg , on trouve autre chose qu’un symbole propositionnel (en l’occurrence, un autre \neg). La forme NNF de φ est $(a \vee \neg b) \wedge \neg c$. On a donc $Lit(\varphi) = \{a, \neg b, \neg c\}$.

Définition 3 Soit φ une formule objective et l un littéral. On dit que φ est syntaxiquement Lit-dépendante de l (resp. syntaxiquement Lit-indépendante de l) si et seulement si $l \in Lit(\varphi)$ (resp. $l \notin Lit(\varphi)$).

⁷En effet, il utilise la forme CNF d’une formule. Mais pour une formule donnée, cette forme n’est pas unique.

Définition 4 Soit φ une formule objective et l un littéral.

On dit que φ est Lit-indépendante de l si et seulement si il existe une formule Σ telle que $\Sigma \equiv \varphi$ et Σ est syntaxiquement Lit-indépendante de l . Dans le cas contraire, on dit que φ est Lit-dépendante de l . Etant donné un langage, l’ensemble des littéraux l de ce langage tels que φ est Lit-indépendante de l est noté $DepLit(\varphi)$.

Exemple 3 Soit $\varphi = (a \wedge \neg b \wedge (a \vee b))$. On a $DepLit(\varphi) = \{a, \neg b\}$. Notons que φ est Lit-indépendante de b car elle est équivalente à $\Sigma = (a \wedge \neg b)$ dans laquelle b n’apparaît pas positivement.

On peut maintenant donner la définition de l’explication minimale.

Définition 5 Soit Δ un ensemble fini de formules objectives et α et β deux formules objectives.

β est une explication de α si et seulement si $\vdash B\Delta \rightarrow B(\beta \rightarrow \alpha)$ et $\not\vdash B\Delta \rightarrow B(\neg\beta)$ ⁸.

β est une explication minimale de α si et seulement si β est une explication minimale de α et il n’existe pas d’explication β' de α telle que $DepLit(\beta') \subset DepLit(\beta)$.

4.2 Informations les plus pertinentes

A partir de cette notion d’explication minimale, on peut définir quelles sont les informations les plus pertinentes.

Soit \mathcal{R}_a^Q l’ensemble des formules pertinentes pour l’agent a par rapport à sa requête Q . Pour tout φ dans \mathcal{R}_a^Q , on a $B_a(\varphi \rightarrow Q)$ ou $B_a(\varphi \rightarrow \neg Q)$ et on a également $\neg B_a(\neg\varphi)$. Cela signifie que φ est une explication de Q ou de $\neg Q$.

Définition 6 On appelle $\mathcal{R}m_a^Q$ le sous-ensemble de \mathcal{R}_a^Q qui contient les explications minimales de Q et les explications minimales de $\neg Q$.

Exemple 4 Supposons que l’ensemble des informations pertinentes pour un agent a par rapport à sa requête Q soit $\mathcal{R}_a^Q = \{inc \wedge pluie, inc \vee greve, greve\}$. Alors, $\mathcal{R}m_a^Q = \{greve, inc \wedge pluie\}$.

⁸L’opérateur B utilisé ici est l’opérateur de croyance non associé à un agent

Ainsi, on peut caractériser les informations suffisamment et nécessairement (pour l'explication minimale) pertinentes. On peut remarquer que :

- si \mathcal{R}_a^Q ne contient que des clauses, alors les clauses les plus pertinentes sont les maximales pour la subsumption. Cela correspond aux formules les plus précises.
- si \mathcal{R}_a^Q ne contient que des cubes (conjonction de littéraux), les cubes les plus pertinents sont les impliquants premiers de Q et impliquants premiers de $\neg Q$. Cela correspond aux formules les plus concises.

Ce compromis entre “être concis” et “être précis” s'accorde avec de nombreux travaux réalisés dans le domaine de de l'informativité ou la théorie de la pertinence ([16, 4, 17]).

Bien sûr, d'autres définitions de ce “nécessaire” peuvent être utilisées. Pour une autre définition, l'ensemble des formules nécessairement pertinentes pourrait donc être différent.

5 La pertinence de Lakemeyer

L'utilisation de la notion d'explication minimale permet de comparer la pertinence définie dans ce papier avec celle définie par Lakemeyer [10].

5.1 Définition

Dans [10], Lakemeyer définit plusieurs pertinences et compare sa notion de pertinence avec plusieurs concepts de la littérature ([14], [13]). Néanmoins, dans ce papier, on ne s'intéressera qu'à la pertinence qui est la plus proche de celle que l'on a définie ici. Pour éviter toute confusion entre la pertinence de Lakemeyer et celle définie dans ce papier, on écrira “L-pertinence” pour parler de la pertinence de Lakemeyer.

Tout d'abord, rappelons quelques définitions et notations utilisées dans [10].

Définition 7 – Une formule ou un ensemble de formules Δ mentionne un atome p si p ou si $\neg p$ apparaît dans Δ .

- un sujet d'intérêt π est un ensemble d'atomes.
- $\pi_\Delta = \{p \mid \Delta \text{ mentionne } p\}$
- Une formule est triviale si elle est équivalente à une tautologie.

Lakemeyer définit alors la L-pertinence de la façon suivante :

Définition 8 Soient π un sujet d'intérêt, α une formule objective et Δ un ensemble de formules objectives. π est L-pertinent pour α par rapport à Δ , noté $RX_\Delta(\pi, \alpha)$, si et seulement si il existe une explication minimale de α non triviale qui mentionne un atome p de π

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

Exemple 5 Considérons l'ensemble $\Delta = \{inc \wedge greve \rightarrow retard, inc \wedge greve \wedge pluie \rightarrow retard\}$. Dans cet ensemble, l'explication minimale de retard est $inc \wedge greve$. Ainsi, tout sujet d'intérêt contenant soit inc soit $greve$ est L-pertinent pour retard par rapport à Δ .

En fait, la L-pertinence caractérise les formules “nécessairement” pertinentes. L'aspect “suffisamment” pertinent n'est pas considéré ici alors qu'il est à la base de la pertinence définie ici.

5.2 Comparaison

Afin de pouvoir étudier le rapport entre la L-pertinence et la pertinence de ce papier, il faut considérer un agent et l'ensemble de croyances qui lui est associé. Cet ensemble correspond à l'ensemble de formules Δ de Lakemeyer. Les formules pour lesquelles on cherche une explication sont la requête de l'agent et sa négation. Le sujet d'intérêt potentiellement pertinent pour ces formules est l'ensemble des atomes composant l'information potentiellement pertinente φ .

Proposition 7 Soient φ et Q deux formules objectives. Soit Bel_a l'ensemble des croyances de l'agent a . On suppose que cet ensemble est fini. Supposons que l'agent a ait besoin de savoir si Q ou si $\neg Q$.

On note \mathcal{R}_a^Q l'ensemble des formules qui sont pertinentes pour lui par rapport à sa requête Q . Si $\varphi \in \mathcal{R}_a^Q$, alors il existe une explication minimale de Q ou de $\neg Q$ qui mentionne au moins un atome de φ , c'est à dire que l'on a la L-pertinence $(RX_{\Delta_a}(\pi_\varphi, Q) \otimes RX_{\Delta_a}(\pi_\varphi, \neg Q))$.

Si une information est pertinente par rapport à une requête, alors elle contient des éléments nécessaires pour expliquer la requête ou la négation de la requête.

La relation entre les deux pertinences est encore plus étroite lorsque l'on considère l'ensemble des formules les plus pertinentes $\mathcal{R}m_a^Q$.

Proposition 8 Soit φ une formule de $\mathcal{R}m_a^Q$. 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 une telle explication minimale.

Cela montre que si une information est suffisamment et nécessairement pertinente, alors non seulement elle est L-pertinente mais on peut caractériser cette L-pertinence plus précisément que Lakemeyer car l'explication minimale à laquelle il fait référence est l'information pertinente.

6 Retour aux systèmes multi-agents

Comme mentionné en introduction, nous considérons des agents qui communiquent de façon coopérative. Cela signifie que pour chaque échange d'information, l'émetteur d'information b sait quelles sont les informations pertinentes pour le récepteur d'information a par rapport à ses besoins en information.

Ceci est représenté par la formule suivante :

$$B_b I_a B_i f_a(Q) \wedge B_b \varphi \\ \wedge B_b (B_a(\varphi \rightarrow Q) \otimes B_a(\varphi \rightarrow \neg Q))$$

Cette formule signifie que b pense que la formule φ est pertinente pour l'agent a par rapport à un besoin en information de celui-ci si :

- l'agent b croit que l'agent a a ce besoin en information.
- l'agent b croit que l'agent a peut répondre à son besoin en information avec ses croyances et l'information pertinente.
- l'agent b croit que l'information φ est vraie.

A ce stade, on peut noter que l'agent b peut se tromper sur beaucoup de points quant à la pertinence d'une information pour un autre agent : il peut se tromper sur le besoin en information de l'autre, sur les croyances de l'autre ou sur la valeur de vérité de l'information qu'il croit pertinente.

Le cas où une information pertinente n'est pas possédée par un mais plusieurs agents doit encore être étudié. Par exemple, l'information pertinente pour a pourrait être $p \wedge q$. L'agent b ne

croit que p et l'agent c ne croit que q . Dans ce cas, une pertinence partielle doit être définie pour caractériser les différents éléments de l'information pertinente.

7 Généralisation du besoin en information

Jusqu'à maintenant, les besoins en information considérés étaient de la forme "l'agent a veut savoir si Q ou si $\neg Q$ ". Ce besoin peut être étendu de la façon suivante : "l'agent a veut savoir si Q_1 ou si Q_2 ... ou si Q_n ", Q_1, \dots, Q_n étant des formules objectives mutuellement exclusives.

Ainsi, on peut étendre la pertinence de la façon suivante :

Définition 9 Soit Q un ensemble de n ($n \geq 2$) formules objectives Q_i mutuellement exclusives. On dit que φ est pertinente pour a par rapport à Q si et seulement si

$$I_a \left(\bigotimes_{i=1}^n B_a Q_i \right) \wedge \left(\bigotimes_{i=1}^n B_a (\varphi \rightarrow Q_i) \right) \wedge \varphi$$

Cette formule sera notée $R_a^Q \varphi$.

Ainsi, une information pertinente répond au besoin en information en permettant à l'agent de déduire un et un seul des Q_i .

Exemple 6 Considérons un agent a qui a besoin de savoir sur quel quai de gare aller pour prendre son train. On suppose qu'il y a trois quais dans la gare. Le train part du quai 1 (resp 2 and 3) est modélisé par q_1 (resp. q_2 and q_3). On note Q l'ensemble $\{q_1, q_2, q_3\}$.

Supposons que l'agent a croit que le train qu'il doit prendre est un TGV (modélisé par TGV). Considérons l'information $TGV \rightarrow q_1$ (signifiant que si le train est un TGV, alors il part du quai 1) et supposons qu'elle soit vraie dans notre contexte. On a donc :

- $I_a(B_a q_1 \otimes B_a q_2 \otimes B_a q_3)$
- $TGV \rightarrow q_1$
- $B_a(TGV)$

On peut donc déduire que $R_a^Q(TGV \rightarrow q_1)$. En effet, l'information $TGV \rightarrow q_1$ permet à l'agent a de déduire sur quel quai se rendre pour prendre son train.

La plupart des propriétés vues plus tôt pour la pertinence sont également vraie pour la pertinence étendue. Soient a un agent, $\mathbf{Q} = \{Q_i\}_{i=1..n}$ un ensemble de formules objectives mutuellement exclusives tel que $n \geq 2$ et φ , φ_1 and φ_2 trois formules. Les propositions qui suivent sont des théorèmes de notre logique.

Proposition 9

$$R_a^{\mathbf{Q}}\varphi \rightarrow \neg B_a \neg\varphi \wedge \neg B_a\varphi$$

Proposition 10 *Soit $*$ un opérateur de révision de croyances satisfaisant les postulats AGM [1]. Bel_a représente l'ensemble des croyances de l'agent a et $Bel_a * \varphi$ l'ensemble des croyances de a après révision par φ en utilisant l'opérateur $*$. Alors, on a*

$$R_a^{\mathbf{Q}}\varphi \rightarrow \bigotimes_{i=1}^n ((Bel_a * \varphi) \rightarrow Q_i)$$

Proposition 11

$$\bigotimes_{i=1}^n Q_i \wedge I_a \bigotimes_{i=1}^n B_a Q_i \rightarrow \bigotimes_{i=1}^n R_a^{\mathbf{Q}} Q_i$$

L'hypothèse $Q_1 \otimes \dots \otimes Q_n$ est ici nécessaire pour s'assurer qu'une requête Q_i est vraie.

Proposition 12

$$R_a^{\mathbf{Q}}\varphi \rightarrow \neg B_a R_a^{\mathbf{Q}}\varphi$$

Comme pour la pertinence définie au début de ce papier, la pertinence étendue caractérise trop d'informations comme étant pertinentes. Comme dans la section 4, on pourrait donc définir une hiérarchie parmi les informations pertinentes.

Avec cette définition étendue, une information pertinente répond au besoin en information car elle permet à l'agent de déduire une des Q_i . Mais il existe des informations qui peuvent permettre à l'agent d'éliminer des possibles Q_i . Dans ce cas, même si l'information n'est pas suffisamment pertinente (car elle ne permet pas de répondre au besoin en information), elle est partiellement pertinente. Ainsi, il est possible de définir des degrés de pertinence qui dépendent du nombre de possibilités Q_i éliminées par l'information.

8 Conclusion

La principale contribution de ce travail est la définition et la formalisation d'une pertinence orientée agent. Étant donné un agent qui a un besoin en information, on a introduit une définition des informations pertinentes pour lui. Ainsi, une information est pertinente pour un agent si l'agent a un besoin en information, si à partir de l'information et de ses croyances, l'agent peut répondre à son besoin en information et si l'information est vraie.

Cependant, cette définition caractérise trop d'informations comme étant pertinentes. Dans ce cas, il est alors possible de définir une hiérarchie pour déterminer quelles sont les informations les plus pertinentes. Dans cette hiérarchie, un compromis entre concision et précision doit être trouvé. L'explication minimale est un tel compromis.

Avec ce compromis qu'est l'explication minimale, on peut comparer la pertinence définie ici avec celle de Lakemeyer. Cette dernière peut être vue comme une caractérisation des formules nécessairement pertinentes alors que celle définie ici caractérise les informations suffisamment pertinentes.

En plus des extensions mentionnées à la fin des sections 6 et 7, ce travail peut être étendu de plusieurs manières.

Par exemple, dans ce papier on ne considère pas le passage des buts individuels vers les besoins en information. Néanmoins, si le but individuel est formalisable, il serait possible d'exprimer directement la pertinence pour ce but.

Il serait également intéressant de considérer d'autres besoins que le besoin en information. Par exemple, un agent pourrait avoir un besoin de vérification. Dans ce cas, toute information confirmant ou contredisant ses croyances serait pertinente. De la même façon, il pourrait avoir un besoin de complétion : il aurait besoin de savoir toutes les informations dans un domaine donné. Toute information dans ce domaine non connue par l'agent serait alors pertinente pour lui.

Remerciements

Ce travail a été réalisé pendant une thèse financée par la DGA (Direction Générale de l'Armement).

Références

- [1] Carlos E. Alchourrón, Peter Gärdenfors, and David Makinson. On the logic of theory change : partial meet contraction and revision functions. *Journal of Symbolic Logic*, 50 :510–530, 1985.
- [2] Alan R. Anderson and Nuel D. Belnap. *Entailment : The Logic of Relevance and Necessity*, volume 1. Princeton University Press, Princeton, 1975.
- [3] Pia Borlund. The Concept of Relevance in IR. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 54(10) :913–925, 2003.
- [4] Robyn Carston. Informativeness, relevance and scalar implicature. pages 179–236. Uchida,S., 1998.
- [5] Brian F. Chellas. *Modal logic : An introduction*. Cambridge, MA, 1980. Cambridge University Press.
- [6] Jean-Pierre Chevallet. Modélisation logique pour la recherche d'information. *Les systèmes de recherche d'information*, pages 105–138, 2004.
- [7] Fabio Crestani and Mounia Lalmas. Logic and uncertainty in information retrieval. *Lecture Notes in Computer Science*, pages 179–206, 2001.
- [8] Luciano Floridi. Understanding epistemic relevance. *Erkenntniss*, 2007.
- [9] Andreas Herzig and Dominique Longin. A logic of intention with cooperation principles and with assertive speech acts as communication primitives . In C. Castelfranchi and W. L. Johnson, editors, *Proc. 1st Int. Joint Conf. on Autonomous Agent and Multi-Agent System (AAMAS 2002)* , Bologna, pages 920–927. ACM Press, 2002.
- [10] Gerhard Lakemeyer. Relevance from an epistemic perspective. *Artif. Intell.*, 97(1-2) :137–167, 1997.
- [11] Mounia Lalmas and C.J. van Rijsbergen. 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*, pages 62–67, 1993.
- [12] Jérôme Lang, Paolo Liberatore, and Pierre Marquis. Propositional independence - formula-variable independence and forgetting. *Journal of Artificial Intelligence Research*, 18 :391–443, 2003.
- [13] Fangzhen Lin and Raymond Reiter. Forget it ! In Russell Greiner and Devika Subramanian, editors, *Working Notes, AAAI Fall Symposium on Relevance*, pages 154–159, Menlo Park, California, 1994. American Association for Artificial Intelligence.
- [14] Pierre Marquis. Novelty revisited. In *IS-MIS '91 : Proceedings of the 6th International Symposium on Methodologies for Intelligent Systems*, pages 550–559, London, UK, 1991. Springer-Verlag.
- [15] Stefano Mizzaro. How many relevances in information retrieval ? *Interacting with Computers*, 10(3) :303–320, 1998.
- [16] Guy Politzer. L'informativité des énoncés : contraintes sur le jugement et le raisonnement. In *Intellectica*, volume 1, pages 111–147, 1991.
- [17] Dan Sperber and Deirdre Wilson. Relevance theory. In G. Ward and L. Horn, editors, *Handbooks of Pragmatics*, pages 607–632. Oxford : Blackwell, 2004.
- [18] Eugeni K. Voishvillo. Philosophical-methodological aspects of relevant logic. In *Bulletin of Section of Logic*, volume 18/4, pages 146–151, 1989.
- [19] Michael Wooldridge. In *Reasoning about rational agents*, Cambridge, Massachusetts, 2000. The MIT Press.