

Modélisation de réglementations pour le partage d'information dans un SMA

Laurence Cholvy*
cholvy@cert.fr

Christophe Garion†
garion@supaero.fr

Claire Saurel*
saurel@cert.fr

* ONERA Centre de Toulouse
2 avenue Édouard Belin
31055 Toulouse

† SUPAERO
10 avenue Édouard Belin
31055 Toulouse

Résumé :

L'objectif de cet article est de définir un langage logique pour exprimer des politiques de partage d'information dans un système multi-agents. Nous proposons d'utiliser un langage fondé sur la logique du premier ordre pour exprimer des politiques via des concepts comme le temps, les actions, le contexte, les rôles dans une organisation et des notions déontiques. Nous définissons alors les propriétés de cohérence et de complétude d'une telle politique.

Mots-clés : partage d'information, logique, SMA

Abstract:

The aim of this paper is to define a logical language to express information sharing policies for multi-agent systems, which have to cope with dynamical environments. We propose to use a first-order logic base language to express policies via concepts like time, action, context, roles in organizations and deontic notions. We define then consistency for a sharing policy and propose two definitions for policy completeness.

Keywords: information sharing, logics, MAS

1 Introduction

Les systèmes multi-agents (SMA) offrent un cadre de modélisation pour de nombreux systèmes existant ou à concevoir, systèmes dans lesquels des entités (qu'elles soient simples ou déjà localement organisées en systèmes), coopèrent afin de remplir une tâche globale. Dans un tel contexte, ces entités, que l'on appellera alors agents, doivent nécessairement s'échanger de l'information, notamment afin d'avoir une vision commune et partagée de l'environnement.

Si dans certains systèmes ces échanges d'information sont laissés libres et non contrôlés, à l'inverse, dans d'autres systèmes, ils sont réglementés par *une politique*, notamment en vue de satisfaire certaines contraintes de sécurité (confidentialité de l'information par exemple) ou d'efficacité (diffusion large de l'information pertinente). C'est à ce type de systèmes que nous nous intéressons ici.

L'exemple illustratif que nous prendrons tout au long de cet article est celui du plan ORSEC (ORganisation des SECours)[1], qui est un plan de secours dont la France dispose en cas de catastrophe majeure et dont le but est d'organiser et de coordonner cinq services : les sapeurs-pompiers, le SAMU, la police, le STI (Service de Transmission de l'Intérieur) et la DDE. D'autres moyens peuvent également être utilisés dans le plan ORSEC, comme par exemple des organisations internationales (Croix Rouge, ...) ou des individus pour aider à secourir des victimes. ORSEC crée donc un *système multi-agents* composé des différents services et organisations pour réagir efficacement. Ce SMA est géré centralement par le DOS (Direction des Opérations de Secours).

Dans un tel système, les unités de commande et de contrôle des différents services ont besoin de partager l'information provenant de différentes sources (comme par exemple des unités de renseignement)

pour pouvoir avoir une vue globale de la situation de crise et prendre ainsi des décisions cohérentes en vue d'achever leur mission. Elles doivent également utiliser des informations partielles, avec des temps très courts de traitement de ces informations. De plus, ce partage d'information a lieu dans un environnement très risqué [14] : les relations de confiance entre les services peuvent changer avec le temps, elles peuvent ne pas être symétriques et les individus peuvent changer leur rôle dans l'organisation et donc changer ce qu'ils ont besoin de savoir. Dans de telles conditions, il y a un risque assez grand de violer des propriétés de sécurité de l'information, comme la confidentialité ou la disponibilité. Cela peut avoir des conséquences désastreuses pour l'efficacité des secours. Par exemple, il peut être nécessaire de cacher des informations à la population pour éviter un mouvement de panique.

Pour que les utilisateurs aient confiance dans le système, il est nécessaire de contrôler et de réguler la diffusion de l'information dans le système au moyen d'une politique. Une politique d'échange peut donc être vue comme une réglementation qui spécifie les diffusions obligatoires, permises ou interdites à l'intérieur du système d'agents. Mais pour être réellement utile, une telle politique doit satisfaire un certain nombre de propriétés, notamment la propriété de cohérence et celle de complétude.

Comme ce problème est proche de la problématique de sécurité de l'information, nous nous sommes inspirés d'une approche connue dans ce domaine consistant à définir des politiques de sécurité pour préserver les propriétés de sécurité de l'information (principalement la confidentialité, disponibilité et intégrité). D'un côté, comme les agents du SMA que nous considérons sont souvent des services officiels, nous pouvons utiliser les modèles « obligatoires » [2, 3], où les droits des utilisateurs sont définis par leur organisation. Avec cette approche, les droits ne

peuvent pas être facilement changés ni délégués à d'autres utilisateurs. D'un autre côté, les modèles de contrôle d'accès discrectionnaires [12] autorisent chaque sujet à donner ses droits d'accès sur un objet à d'autres sujets. Malheureusement, ils peuvent conduire à des fuites d'information et ainsi violer la confidentialité. Ces deux modèles ne régulent explicitement que les permissions d'accès, l'obligation étant gérée implicitement par les spécifications du système d'information. Dans notre cas, nous avons besoin explicitement de l'obligation pour exprimer des règles (pour la disponibilité et le bien-fondé des informations) et pour pouvoir vérifier des propriétés sur l'ensemble des règles de partage de l'information.

L'objectif de cet article est de définir un formalisme permettant d'exprimer une politique de partage (section 2). Ce formalisme se fonde sur des concepts déontiques et une logique du premier ordre. Nous définissons ensuite dans ce cadre les propriétés de cohérence et de complétude pour une politique de partage dans les sections 3 et 4. Nous listons enfin les perspectives majeures de travaux que cette étude ouvre.

2 Un formalisme pour exprimer des politiques de partage d'information

Dans cette section, nous présentons les concepts utilisés dans notre formalisme et un cadre logique pour représenter et raisonner sur ces concepts.

2.1 Présentation informelle des concepts utiles

Pour pouvoir exprimer une politique de partage, nous avons besoin de concepts primitifs comme le temps, les actions, les modalités déontiques (obligation, permission, interdiction) et les propriétés sur le système et son environnement.

Le temps est un concept important, car les notions déontiques associées au partage d'information changent au cours du temps. Nous avons besoin de distinguer trois dimensions temporelles : le temps auquel une information est valide, le temps auquel un agent reçoit une information, le temps auquel un agent envoie une information.

Ces trois notions sont nécessaires. Par exemple, nous pouvons exprimer qu'un agent est obligé d'envoyer une information dès qu'il l'a reçue et avant un certain laps de temps.

Dans ce travail consacrée à l'étude du partage d'information, nous ne considérerons que deux actions : l'action d'apprendre une information et l'action d'envoyer une information. Ainsi, nous devons être capable d'exprimer qu'un agent apprend telle information à telle date et qu'un agent envoie telle information à tel autre agent à telle date.

Comme nous voulons exprimer des normes, i.e. des règles qui spécifient ce qui doit, peut ou ne doit pas être fait, nous avons besoin de modalités déontiques, particulièrement à propos du partage d'information. Pour cela, nous introduisons les concepts déontiques classiques d'obligation, de permission et d'interdiction que nous ferons porter uniquement sur l'action « envoyer de l'information ».

Par ailleurs, conformément à la plus simple des logiques déontiques, SDL [8], nous exprimerons la permission et l'interdiction en fonction de l'obligation (faire l'action A est permis si et seulement si ne pas faire A n'est pas obligatoire et faire l'action A est interdit si et seulement si ne pas faire A est obligatoire) ainsi que la cohérence de l'obligation (pour toute action A, il est faux qu'il soit obligatoire de faire A et qu'il soit obligatoire de ne pas faire A).

Enfin, les propriétés sur le système et son environnement peuvent être dépendantes

du temps ou non. Par exemple, le fait qu'une information concerne un thème donné est une propriété atemporelle. Par contre, le fait qu'un agent joue tel rôle dans l'organisation considérée est dépendante du temps.

Notons enfin que parmi ces propriétés, la notion de *contexte* est importante ici. Notre SMA évoluera dans un environnement dynamique : situations de crises ou calmes, occurrences d'événements etc. Et les modalités de partage d'information dépendent souvent du contexte. Par exemple, une diffusion large d'information devient plus restreinte en contexte de crise. Ainsi, les contextes seront utilisés dans les règles de partage d'information comme des prémisses restreignant l'application des normes.

2.2 Un formalisme logique

Afin de modéliser et raisonner sur les concepts introduits précédemment, nous proposons d'utiliser une logique du premier ordre plutôt que d'utiliser une logique modale déontique du premier ordre, et ce afin de réutiliser des algorithmes efficaces (comme un algorithme d'abduction que nous verrons plus loin) qui ont été définis dans le cas du premier ordre uniquement.

Comme nous verrons ci-dessous, cette solution va nous obliger à représenter les modalités déontiques par des prédicats et de représenter les événements créés par les envois d'information par des termes qui seront arguments de ces prédicats.

Comme d'habitude, l'alphabet du langage logique que nous définissons, L , sera composé de trois groupes distincts de symboles : les symboles de constantes, de prédicats et de fonctions. Enfin, comme nous voulons typer notre langage, nous distinguerons des groupes différents de symboles dans ces catégories.

Definition 1 Nous distinguons quatre ensembles de constantes :

- les I-constantes qui représentent des valeurs du domaine des attributs du modèle d'information.
- les Ag-constantes qui représentent les agents qui partagent de l'information dans le SMA.
- les T-constantes qui représentent des dates temporelles.
- les autres constantes sont des O-constantes.

Definition 2 Nous caractérisons les symboles de prédicats de la façon suivante :

- Obligatory, Permitted et Forbidden sont des prédicats unaires appelés D-prédicats.
- Learn(.,.,.,.) est un symbole de prédicat ternaire.
- les contextes sont exprimés à travers des prédicats ayant au moins un paramètre pour le temps. Nous les appelons C-prédicats.
- les P-prédicats seront utilisés pour exprimer toutes sortes de propriétés sur l'information, les agents etc.

Definition 3 Les fonctions sont caractérisées de la façon suivante :

- les I-fonctions représentent les relations entre les objets. Par exemple position(.,.) est une fonction représentant la relation entre un objet et ses coordonnées géographiques.
- send(.,.,.,.) est une fonction à quatre arguments représentant l'action d'envoyer une information.
- not(.) est une fonction unaire servant à représenter la négation. Elle portera uniquement sur la fonction send et servira à exprimer l'action de ne pas envoyer une information.

Nous pouvons maintenant définir les formules de L .

Definition 4 Les formules de L sont définies récursivement comme suit :

- Si f est une I-fonction, si t_1, \dots, t_n sont des I-constantes ou des variables, alors $f(t_1, \dots, t_n)$ et $\text{not}(f(t_1, \dots, t_n))$ sont des I-termes.
- Si t_1, \dots, t_n sont des constantes ou des variables, si C est un C-prédicat, alors $C(t_1, \dots, t_n)$ est un C-littéral et une formule de L .
- Soient x une Ag-constante, i un I-terme ou une variable, t une T-constante ou une variable. Alors $\text{Learn}(x, i, t)$ est un L-littéral et une formule de L .
- Soient x et y des Ag-constantes ou des variables, i un I-terme ou une variable, t une T-constante ou une variable. Alors $\text{Obligatory}(\text{send}(x, i, y, t))$, $\text{Permitted}(\text{send}(x, i, y, t))$ et $\text{Forbidden}(\text{send}(x, i, y, t))$ sont des D-littéraux et des formules de L .
- Si t_1, \dots, t_n sont des constantes ou des variables, si P est un P-prédicat, alors $P(t_1, \dots, t_n)$ est un P-littéral et une formule de L .
- Soient F_1 et F_2 des formules de L et x une variable. Alors $\neg F_1$, $F_1 \wedge F_2$, $F_1 \vee F_2$, $\forall x F_1$ et $\exists x F_1$ sont des formules de L et sont définies comme d'habitude.

2.3 Définition d'une politique de partage d'information

Dans cette section, nous définissons des règles pour définir une politique de partage d'information avec le langage logique précédemment défini.

Une politique de partage d'information est un ensemble de formules de L qui sont des clauses définies¹ $l_1 \vee l_2 \vee \dots \vee l_n$ telles que :

- l_n est le seul littéral positif et est un D-littéral,
- $\forall i \in \{1, \dots, n - 1\}$, l_i est un C-littéral, L-littéral, P-littéral ou D-littéral négatif,

¹ Une clause définie est une clause dans laquelle seul un littéral est positif.

- si x est une variable de l_n , alors $\exists i \in \{1, \dots, n-1\}$ tel que l_i est un littéral négatif et contient la variable x . Cette dernière définition provient de la définition d'un *domaine restreint* dans le monde des bases de données : il permet de caractériser des formules significatives.

Exemple 1 *Considérons une politique de partage stipulant que dans un contexte de crise, une information portant sur le sujet « risque d'explosion » doit être envoyée à l'agent B à partir du moment où A a appris l'information et le fait qu'elle porte sur le thème « risque d'explosion ». Cette règle peut être exprimée par la formule suivante :*

$$(R1) \forall i \forall t \forall t' \text{Crisis}(t) \wedge \text{Learn}(A, i, t) \wedge \\ \text{Learn}(A, \text{topic}(i, \text{ExpRisk}), t') \rightarrow \\ \text{Obligatory}(\text{send}(A, i, B, \text{max}(t, t')))$$

3 Cohérence d'une politique de partage d'informations

Étant données une situation et une politique de partage, nous voulons éviter de déduire qu'il est à la fois obligé et interdit pour un agent a (ou permis et interdit) de transmettre une information à un agent b . Dans ce cas, a serait confronté à un dilemme. Nous définissons donc la propriété de cohérence pour une politique de partage.

Soit Dom l'ensemble de connaissances du domaine et les méta-connaissances du domaine (par exemple, il contient les relations entre les thèmes). Dom pourrait par exemple contenir les informations suivantes :

$$(D1) \forall x \forall y \forall z \forall a \forall t \text{Learn}(a, \text{type}(x, y), t) \\ \rightarrow \text{Learn}(a, \text{topic}(\text{type}(x, y), y), t) \wedge \\ \text{Learn}(a, \text{topic}(\text{position}(x, z), y), t)$$

(D1) signifie que si un agent a apprend au temps t que le type de x est y , alors à la même date il apprend que les informations « le type de x est y » et « la position de x est z » traitent toutes les deux du thème y .

$$(D2) \forall t \neg(\text{Quiet}(t) \wedge \text{Crisis}(t))$$

(D2) signifie qu'on ne peut pas être en même temps dans un contexte calme et de crise.

Nous ajoutons également les axiomes suivants à propos des D-prédicats, comme expliqué intuitivement dans 2.1² :

$$(A1) \forall x \text{Permitted}(x) \leftrightarrow \neg \text{Obligatory}(\text{not}(x)) \\ (A2) \forall x \text{Forbidden}(x) \leftrightarrow \text{Obligatory}(\text{not}(x)) \\ (D) \forall x \text{Obligatory}(\text{not}(x)) \leftrightarrow \neg \text{Obligatory}(x) \\ (\text{neg}) \forall x \text{Obligatory}(\text{not}^{2n}(x)) \leftrightarrow \text{Obligatory}(x)$$

D'un point de vue formel, (neg) est un raccourci d'écriture pour une infinité de formules (on considère que $n \in \mathbb{N}$ dans (neg)).

Nous pouvons maintenant introduire notre définition de cohérence d'une politique.

Definition 5 *Soit P une politique de partage, définie comme un ensemble de formules de L (cf. 2.2). P est cohérente si et seulement si il n'existe pas d'ensemble S de clauses sans D -littéral tel que $S \cup Dom$ est cohérent et la théorie logique $P \cup \{(A1), (A2), (D), (\text{neg})\} \cup S \cup Dom$ soit incohérente.*

Si nous pouvons trouver un tel ensemble S , alors S est l'ensemble des circonstances qui amène à la contradiction.

²On pourra remarquer qu'il s'agit essentiellement de traduire dans notre formalisme du premier ordre l'axiome D de SDL [8] et les liens entre obligation, permission et interdiction.

Example 2 Soit P une politique de partage qui exprime qu'en contexte de crise :

- (R1) tout agent x doit envoyer à tout agent y toute information concernant le thème « risque d'explosion » (noté $ExpRisk$) dès qu'il l'apprend :

$$(R1) \forall x \forall i \forall y \forall t \forall t' \text{Crisis}(t) \wedge \\ \text{Learn}(x, i, t) \wedge \\ \text{Learn}(x, \text{topic}(i, ExpRisk), t') \rightarrow \\ \text{Obligatory}(\text{send}(x, i, y, \max(t, t')))$$

- (R2) il est interdit pour tout agent d'envoyer une information concernant le thème « risque bactériologique » (noté Bac) à quelqu'un qui ne joue pas un rôle officiel (modélisé ici par un rôle $NonOff$) :

$$(R2) \forall x \forall i \forall y \forall t \forall t' \forall t'' \text{Crisis}(t) \wedge \\ \text{Learn}(x, i, t) \wedge t'' > \max(t, t') \wedge \\ \text{Learn}(x, \text{topic}(i, Bac), t') \wedge \\ \text{Playsrole}(y, NonOff) \rightarrow \\ \text{Forbidden}(\text{send}(x, i, y, t''))$$

Considérons que Dom comprend les deux règles (D1) et (D2). Considérons maintenant le scénario suivant :

- il y a un contexte de crise.
- à 10 :00, a apprend la position d'un événement E et que E peut inclure un risque bactériologique.
- à 10 :15, a apprend que E implique un risque d'explosion.

Avec P , on peut déduire que d'après (D1), à 10 :00 a apprend que l'information concernant la position de E est du thème Bac . Dans ce cas, en utilisant (R2), il est interdit pour a d'envoyer la position de E à partir de l'instant 10 :00 à tout agent qui n'est pas une organisation officielle, en particulier à un agent b qui n'en est pas une.

Mais comme a apprend à 10 :15 que E implique un risque d'explosion, a apprend également d'après (D1) que l'information concernant la position de E est du thème $ExpRisk$. Dans ce cas, d'après (R1), a est obligé immédiatement d'envoyer l'information à tout agent, donc en particulier à b .

À 10 :15, a est donc face à un dilemme : envoyer ou ne pas envoyer la position de E à b .

Considérons $S = \{ \text{Learn}(a, \text{type}(o, Bac), 10 : 00), \text{Learn}(a, \text{type}(o, ExpRisk), 10 : 15), \text{Crisis}(10 : 00) \}$. On peut montrer que $S \cup Dom$ est cohérent et que $P \cup \{ (A1), (A2), (D), (neg) \} \cup S \cup Dom$ est incohérent. Cela signifie que P est incohérent d'après notre définition.

4 Complétude d'une politique de partage d'information

Nous souhaitons maintenant définir la notion de complétude pour une politique de partage. Intuitivement, la complétude permet de savoir dans n'importe quelle situation et pour n'importe quel agent ce qui lui est interdit, autorisé ou obligé de faire. Nous proposons ici une définition plus faible de la complétude qui est restreinte à certains cas.

Definition 6 Soit P une politique de partage définie sur L . Soient $D(x, i, y, t)$ une formule de L et C une information représentant un contexte. P est dite complète pour D et C pour chaque couple d'agents x et y si et seulement si :

- $P \models C \rightarrow (\forall x \forall i \forall y \forall t D(x, i, y, t) \rightarrow \text{Obligatory}(\text{send}(x, i, y, t)))$ ou
- $P \models C \rightarrow (\forall x \forall i \forall y \forall t D(x, i, y, t) \rightarrow \text{Forbidden}(\text{send}(x, i, y, t)))$ ou
- $P \models C \rightarrow (\forall x \forall i \forall y \forall t D(x, i, y, t) \rightarrow \text{Permitted}(\text{send}(x, i, y, t)))$

Exemple 3 Reprenons l'exemple 2 en changeant le contexte de la règle (R2) pour garantir sa cohérence. Les règles pour la politique sont :

$$(R1) \forall x \forall i \forall y \forall t \forall t' \text{Crisis}(t) \wedge \\ \text{Learn}(x, i, t) \wedge \\ \text{Learn}(x, \text{topic}(i, \text{ExpRisk}), t') \rightarrow \\ \text{Obligatory}(\text{send}(x, i, y, \max(t, t')))$$

$$(R3) \forall x \forall i \forall y \forall t \forall t' \forall t'' \text{Quiet}(t) \wedge \\ \text{Learn}(x, i, t) \wedge t'' > \max(t, t') \wedge \\ \text{Learn}(x, \text{topic}(i, \text{Bac}), t') \wedge \\ \text{Playsrole}(y, \text{NonOff}) \rightarrow \\ \text{Forbidden}(\text{send}(x, i, y, t''))$$

Nous pouvons montrer que cette politique est complète pour la formule suivante :

$$\exists t \exists t' \text{Learn}(x, \text{topic}(i, \text{Bac}), t) \wedge \\ \text{Learn}(x, i, t) \wedge t'' > \max(t, t')$$

5 Conclusion

Nous avons défini dans ce papier un cadre logique pour exprimer et raisonner sur des politiques de partage dans un système multi-agents. Les règles exprimées dans ces politiques dépendent de plusieurs concepts : notions déontiques, temps, actions de communication et contextes.

Nous avons proposé une définition pour la cohérence d'une politique. La cohérence permet à un concepteur de politique de vérifier qu'un agent de pourra pas être face à un dilemme concernant une information. Il a été montré dans [10] que l'on peut utiliser la SOL *deduction* [13] pour vérifier efficacement cette cohérence et pour trouver d'éventuels contre-exemples.

Le problème de la complétude d'une politique est différent et plus difficile. Nous avons proposé une définition restreinte pour la complétude permettant de considérer la propriété seulement pour certains thèmes par exemple. Le concepteur d'un système peut alors se concentrer sur les domaines importants.

Ce travail préliminaire peut être étendu dans différentes directions.

Premièrement, nous pourrions améliorer le cadre théorique en proposant une définition plus précise de la complétude. Remarquons également que nous n'avons pas traité des problèmes classiques en logique déontiques (comme les *Contrary-to-Duties* [9, 6]). Cette étude doit être faite, en particulier dans un cadre SMA où la réglementation peut être très volumineuse et où de tels problèmes peuvent arriver. Nous pouvons également étudier les obligations avec *deadlines* qui sont liées à notre problématique [5].

La sémantique du prédicat *Learn* reste encore à expliciter. Plus précisément, le lien formel entre la mise à jour de la base de croyances d'un agent (quand l'agent reçoit une information) [11] et l'application de normes (une obligation ou une permission doit être prise en compte à un certain moment) est une extension intéressante de ce travail. Si nous considérons que chaque agent a une base de croyances qui peut être mise à jour par de nouvelles informations, le « déclencheur » pour les nouvelles réglementations doit être calculé à partir de la différence entre les anciennes croyances de l'agent et ses nouvelles croyances (seules les nouvelles informations doivent être considérées). De plus, nous ne intéressons pas à l'apprentissage par l'agent d'informations plus complexes. Par exemple, si l'agent apprend $a \rightarrow b$ puis a , doit-on considérer qu'il a appris b ? Si oui, il faudrait étendre notre formalisme pour pouvoir « raisonner » sur les informations apprises par l'agent.

Enfin, dans un SMA, le besoin d'information pour un agent est plus contraint par le rôle joué par l'agent dans le SMA que par l'agent lui-même. Plusieurs agents peuvent jouer le même rôle dans le SMA, le rôle d'un agent peut changer durant la mission du SMA etc. Nous pourrions facilement étendre notre cadre pour introduire des prédicats comme *PlaysRole* (introduit dans les exemples) pour modéliser ces notions [4, 7]. Ceci permettrait d'exprimer des conditions sur les rôles, ce qui est moins fastidieux que d'exprimer des conditions sur les agents.

References

- [1] Décret numéro 2005-1157 du 13 septembre 2005 relatif au plan ORSEC et pris pour application de l'article 14 de la loi numéro 2004-811 du 13 août 2004 de modernisation de la sécurité civile. *Journal Officiel de la République Française*, 15 septembre 2005. <http://www.legifrance.gouv.fr/texteconsolide/PRHV8.htm>. In French.
- [2] D.E. Bell and L.J. LaPadula. Secure computer systems : unified exposition and multics interpretation. Technical report, The MITRE corporation, 1975.
- [3] K.J. Biba. Integrity consideration for secure computer systems. Technical report, The MITRE corporation, 1977.
- [4] G. Boella and L. van der Torre. Attributing mental attitudes to roles : The agent metaphor applied to organizational design. In *Proceedings of ICEC'04*, pages 130–137. ACM Press, 2004.
- [5] J. Broersen. On the logic of 'being motivated to achieve ρ before δ '. In J. J. Alferes and J. Leite, editors, *Logics in Artificial Intelligence, 9th European Conference JELIA 2004*, number 3229 in Lecture Notes in Artificial Intelligence, pages 334–346. Springer, 2004.
- [6] J. Carmo and A. Jones. *Handbook of Philosophical Logic*, volume 8 : Extensions to Classical Systems 2, chapter Deontic Logic and Contrary-to-Duties, pages 265–343. Kluwer Publishing Company, 2nd edition, 2002.
- [7] J. Carmo and O. Pacheco. Deontic and action logics for organized collective agency, modeled through institutionalized agents and roles. *Fundamenta Informaticae*, 48(2,3) :129–163, 2001.
- [8] B.F. Chellas. *Modal logic. An introduction*. Cambridge University Press, 1980.
- [9] R. Chisholm. Contrary-to-duty imperatives and deontic logic. *Analysis*, 24 :33–36, 1963.
- [10] L. Cholvy. Checking regulation consistency by using SOL-resolution. In *International Conference on Artificial Intelligence and Law*, pages 73–79, 1999.
- [11] P. Gardenfors. *Knowledge in Flux : Modelling the Dynamics of Epistemic States*. MIT Press, 1988.
- [12] M.A. Harrison, W.L. Ruzzo, and J.D. Ullman. Protection in operating systems. In *Communications of the ACM*, volume 8, pages 461–471. ACM Press, 1976.
- [13] K. Inoue. Linear resolution for consequence finding. *Journal of Artificial Intelligence*, 56 :301–353, 1992.
- [14] C. E. Phillips, T. C. Ting, and S. A. Demurjian. Information sharing and security in dynamic coalitions. In *SACMAT*, pages 87–96, 2002.