

# Spécification des modes d'interaction au sein d'organisations multi-agents

F. Balbo<sup>a,b</sup>      O. Boissier<sup>c</sup>      F. Badeig<sup>a,b</sup>  
balbo@lamsade.dauphine.fr    boissier@emse.fr    badeig@lamsade.dauphine.fr

<sup>a</sup> Université Paris-Dauphine - LAMSADE,  
Place du Maréchal De Lattre de Tassigny, F-75775 Paris 16 Cedex, France

<sup>b</sup> INRETS - GRECIA,  
2, Rue de la Butte Verte, 93166 Noisy Le Grand, France

<sup>c</sup> Ecole Nationale Supérieure des Mines,  
Saint Etienne, France

## Résumé

*La prise en compte des communications multi-parties dans une organisation nécessite la mise en oeuvre d'un support et d'une modélisation intégrant ces deux dimensions. Ce papier étend le modèle d'organisation normative MOISE afin de pouvoir spécifier les modes d'interaction entre agents autonomes participant à une organisation. Cette spécification a deux objectifs : (i) permettre à l'organisation multi-agent de vérifier que les agents utilisent correctement les modes d'interaction, (ii) permettre aux agents de raisonner sur ces modes comme ils peuvent le faire sur les normes. Seul le premier aspect est décrit dans le papier. Nous montrons la mise en oeuvre de cette extension dans une spécialisation du modèle d'interaction EASI, au sein d'une application de gestion de crise.*

**Mots-clés :** Organisation, Interaction, Communication, Norme, Environnement

## Abstract

*Taking into account the multi-party communications in an organization requires a specific support and a modeling that integrates these two dimensions. This paper proposes to extend the normative organisation model MOISE in order to specify the interaction modes between autonomous agents participating to an organisation. This specification has two purposes : (i) to make the multi-agent organisation able to monitor the interaction between the agents, (ii) to make the agents able to reason on these modes as they can do on norms. The paper is focused on the first point. We illustrate with a crisis management application how this extension has been implemented thanks to a specialization of the EASI interaction model.*

**Keywords:** Organisation, Interaction, Communication, Norm, Environment

## 1 Introduction

Par définition un système multi-agent (SMA) est un système constitué d'un ensemble d'agents autonomes situé dans un environnement en interaction entre eux directement ou indirectement au travers de celui-ci. Dans ces systèmes, l'interaction joue un rôle essentiel comme moteur d'exécution et de traitement dans un contexte distribué et décentralisé.

Le modèle EASI<sup>1</sup> [6] offre un modèle d'interaction multi-parties entre agents médié par l'environnement dans lequel ceux-ci sont situés. EASI assure également aux agents qui le souhaitent la confidentialité [6] de leur communication mais cette partie n'est pas encore introduite dans la proposition décrite dans ce papier.

Il permet à un agent d'envoyer des messages à un autre agent situé dans l'environnement et permet à tout agent présent au sein de cet environnement de percevoir le message échangé. Ainsi, il est possible par ce même modèle de prendre en compte simultanément et selon le contexte du SMA les communications directes, indirectes, de groupe et l'écoute flottante.

Si le modèle EASI permet d'organiser au mieux les interactions, il ne fournit pas de spécification déclarative utilisable par les agents. Ceux-ci ne peuvent ainsi pas accéder à une représentation des modes d'interaction disponibles au sein de l'environnement et donc ne peuvent pas la faire évoluer ou décider de ne pas la respecter.

Les agents au sein d'un SMA sont souvent structurés selon une organisation qui les aide et/ou les contraint dans leurs interactions. Les travaux réalisés ces dernières années ont conduit à la proposition de modèles d'organisation offrant des langages de spécifications accessibles

1. Environnement comme Support Actif de l'Interaction

par les agents et par un système de gestion d'organisation en charge de réguler et superviser les agents au sein des organisations définies. Le modèle *MOISE* offre de telles possibilités. Le langage de modélisation d'organisation de ce modèle comporte deux dimensions - structurelle et fonctionnelle - connectées entre elles par une spécification normative. De ce fait, ces dimensions sont indépendantes [5] et facilement extensibles. Aucune dimension n'est cependant dédiée spécifiquement à l'expression des modes d'interaction au sein de l'organisation. De fait, ce framework ne permet pas de gouverner l'interaction des agents dans un cadre de communications multi-parties.

Dans ce travail, notre objectif est d'enrichir le langage de modélisation d'organisation de *MOISE* d'une nouvelle dimension indépendante des deux autres mais reliées au travers de la spécification normative. Il s'agit ainsi de permettre à EASI de bénéficier du modèle d'organisation *MOISE* et de permettre aux agents de raisonner sur leur utilisation des modes d'interaction mis à leur disposition au sein de EASI. Un tel ajout permet de se démarquer d'une répartition des modes d'interaction et d'ouvrir la possibilité aux agents de faire évoluer les modes d'interaction prescrits. Au final, le concepteur d'un SMA bénéficie également d'une modélisation unique lui permettant de spécifier son organisation et les interactions entre ses composants et d'obtenir l'environnement support à ces interactions.

La suite du papier est organisée de la manière suivante. En section 2, nous présentons les fondements du travail et les raisons de nos choix. Nous présentons ensuite, en section 3, les extensions réalisées au sein du langage de modélisation d'organisation de *MOISE* afin de spécifier les modes d'interaction manipulés par EASI et présentons en section 4 comment cette spécification est mise en relation avec le modèle EASI. En section 5, nous illustrons les capacités d'expression de notre proposition par différents exemples issus d'un SMA pour la gestion de crise. Avant de conclure, nous comparons notre proposition avec des approches existantes.

## 2 Fondements

Nous considérons dans ce papier une application de gestion de crise où il s'agit d'organiser différents services d'intervention pour mettre en oeuvre une réponse cohérente et résorber la situation de crise. La difficulté majeure dans la

modélisation d'une telle application repose sur les contraintes interactionnelles qui ressortent de l'organisation entre les services sollicités sachant que chaque service dispose de ses propres modes d'interaction et d'action.

### 2.1 *MOISE*

Le framework *MOISE* [4] est constitué d'un langage de modélisation d'organisation, d'une infrastructure de gestion et de mécanismes de raisonnement agent en lien avec l'organisation. Dans ce travail, nous nous concentrons sur le langage de modélisation d'organisation. Notre objectif est de l'utiliser au sein d'EASI en lien avec la spécification et la régulation des modes d'interaction que nous décrirons dans la section suivante. Le langage de modélisation d'organisation décompose explicitement la spécification d'une organisation en trois dimensions<sup>2</sup> : structurelle *SS*, fonctionnelle *FS* et normative *NS*. Alors que *SS* et *FS* sont indépendantes, *NS* définit un ensemble de normes liant les éléments de ces deux spécifications. L'objectif est ainsi que les agents du système suivent les comportements spécifiés dans *NS* dans le contexte de l'organisation à laquelle ils appartiennent.

Dans cette section, nous introduisons également la spécification de l'organisation régulant les agents utilisés pour la gestion de crise. Nous pouvons ainsi illustrer la modélisation de cette organisation et donner les différents éléments illustratifs utilisés tout au long du papier.

**Dimension structurelle** La dimension structurelle spécifie les *roles*, *groupes*, et *liens* d'une organisation. Elle est définie par le n-uplet suivant :  $\langle \mathcal{R}, \sqsubset, rg \rangle$  avec  $\mathcal{R}$  ensemble des identifiants des rôles,  $\sqsubset$ , relation d'héritage sur les rôles, *rg* spécification du groupe racine de l'organisation. Celui-ci est défini en précisant notamment les relations de *compatibilités* entre rôles, les *cardinalités* maximales et minimales d'agents pouvant jouer un rôle au sein du groupe, les *liens* entre rôles (communication, autorité, acointance) et les *sous-groupes*. Dans *NS*, le rôle est utilisé pour attacher un ensemble de contraintes de comportement que l'agent s'engage à respecter lorsqu'il décide de jouer le rôle.

Dans le cadre de l'application décrite ci-dessus,

<sup>2</sup>. Nous ne donnerons dans ce papier que les éléments et propriétés essentiels pour comprendre le modèle dans sa globalité ainsi que les extensions réalisées. Pour plus de détails, se reporter à <http://moise.sourceforge.net/>.

nous définissons (cf. Fig. 1) deux groupes principaux correspondant aux deux sphères tactiques utilisées dans la gestion de crise : sphère décisionnelle (Décisionnel) et sphère fonctionnelle (Fonctionnel) pour lesquelles nous définissons respectivement les rôles décideur et opérateur héritant du rôle générique acteur. Ces rôles sont ensuite spécialisés respectivement en rôles coordinateur, responsable pour le groupe Décisionnel et en responsable\_service pour les sous-groupes du groupe Fonctionnel. Le rôle coordinateur (resp. responsable) ne peut être tenu que par un seul agent - 1..1 - (resp. plusieurs agents - 1..\* -). Un lien de compatibilité relie responsable à responsable\_service signifiant que tout agent jouant le rôle responsable pourra jouer ce rôle responsable\_service. Six liens de communication (cf.  $l_1$  à  $l_6$ ) ont été définis entre ces rôles (e.g.  $l_1$  lien de communication entre coordinateur et responsable).

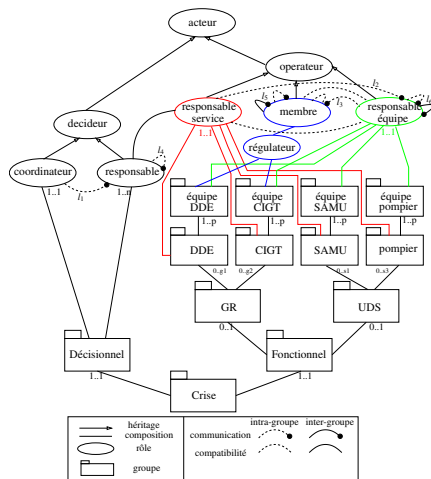


FIGURE 1 – Vue graphique partielle de la spécification structurelle pour la gestion de crise

**Dimension fonctionnelle** La dimension fonctionnelle est définie par  $\langle \mathcal{M}, \mathcal{G}, \mathcal{S} \rangle$  avec  $\mathcal{G}$  ensemble des buts collectifs ou individuels à satisfaire,  $\mathcal{S}$  ensemble des schéma sociaux, structurations arborescentes de ces buts en plans,  $\mathcal{M}$  ensemble des missions, groupements cohérents de buts qui seront alloués aux agents via les rôles qu'ils adoptent.

La Fig. 2 illustre un schéma social de  $FS$  exprimant le plan collectif de décision à mettre en oeuvre pour la gestion de crise. Il s'agit d'agrégier l'ensemble des informations sur la situation de grise Affiner perception crise, de sécuriser la zone Sécuriser zone par l'exécution d'un des deux schémas sociaux (schéma1 ou schéma2 non décrits ici) et d'exécuter le schéma3. Ces

but sont regroupés en différentes missions.

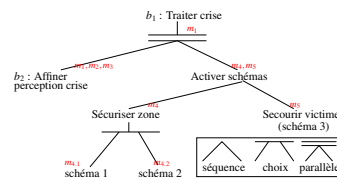


FIGURE 2 – Vue graphique du schéma social de décision pour la gestion de crise.

**Dimension normative :** La dimension normative  $\mathcal{NS}$  définit un ensemble de normes de la manière suivante :  $\langle id, c, \rho, dm, m \rangle$  avec  $id$  identifiant unique de la norme,  $c$  condition d'activation de la norme<sup>3</sup>,  $\rho$  rôle sur lequel porte la modalité déontique,  $dm$  modalité déontique (obligation ou permission),  $m$  mission. Une expression normative peut être ainsi lue : “lorsque  $c$  est vérifiée, les agents jouant le rôle  $\rho$  ont  $dm$  de s'engager sur la mission  $m$ ”. Au sein de ce langage, les normes sont toujours soit une *permission*, soit une *obligation* pour un rôle de s'engager sur une mission. Les buts sont ainsi indirectement liés aux rôles puisqu'une mission est un ensemble de buts. Les interdictions sont supposées “par défaut” : si la spécification normative ne comporte pas de permission ou d'obligation pour une paire mission-rôle, le rôle n'a pas le droit de s'engager sur la mission. Une norme passe dans l'état *actif* (resp. *inactif*) lorsque la condition  $c$  est vérifiée (resp. non vérifiée). Lorsque la norme est active, les modalités déontiques attachées à la norme sont vérifiées permettant ainsi de mettre la norme dans un état *satisfait* ou *non satisfait*.

Dans notre application, par exemple, la norme pour que les agents jouant le rôle responsable\_service du groupe gestionnaire de réseau GR sécurisent la zone de l'accident (mission  $m_4$ ) est  $\langle n_1, c_1, responsable, obligation, m_4 \rangle$  où  $c_1$  est  $plays(bearer, responsable\_service, GR)$ .  $bearer$  fait référence à l'agent qui jouera le rôle de bearer dans le cadre de la norme instanciée de  $\mathcal{NSI}$  et  $plays$  est un prédicat vérifiant que l'agent joue le rôle responsable\_service dans le cadre d'une instance de groupe GR.

Une fois la zone sécurisée, les agents jouant le même rôle mais dans le contexte du groupe unité de secours UDS mettent en oeuvre le schéma d'intervention (mission  $m_5$ ) selon la norme  $\langle n_2, c_2, responsable, obligation, m_5 \rangle$  où  $c_2$  est  $plays(bearer, responsable\_service, UDS)$ .

3. prédicats portant sur l'état courant de l'organisation du système (e.g. *plays*, *committed*, etc) et/ou portant sur des conditions particulières liées à l'application.

**Entité organisationnelle :** Une entité organisationnelle (OE) est définie à partir de la spécification organisationnelle  $OS$  et d'un ensemble d'agent  $A$  par le n-uplet suivant :  $\langle OS, A, GI, SI, NSI \rangle$  où  $GI$  est l'ensemble des instances de groupe de l'organisation, i.e. groupes créés à partir de la spécification de groupe de  $OS$ ,  $SI$  est l'ensemble des instances de schémas sociaux créés dans  $OE$  et  $NSI$  est l'ensemble des instances de normes de l'organisation, i.e. les normes issues de  $NS$  de  $OS$  attachées aux agents satisfaisant au contexte organisationnel exprimé dans la norme.

## 2.2 EASI

Le modèle d'interaction multi-partie EASI supporte la prise en compte simultanée des communications directes, des communications indirectes et de l'écoute flottante [6]. Pour les agents cognitifs, le point commun entre ces modes de communication est la notion d'*adressage* des messages : quel agent doit obtenir quel message et dans quel contexte ? La résolution de ce problème nécessite la prise en compte simultanée des besoins de l'émetteur et des récepteurs potentiels. Une solution est de gérer des méta-informations sur le système multi-agents, à savoir à la fois les agents, les messages et le contexte. Le modèle d'interaction EASI propose de modéliser ces méta-informations afin de permettre leur gestion par l'environnement. Selon ce modèle, l'environnement de communication est défini par  $\langle \Omega, \mathcal{D}, P, \mathcal{F} \rangle$  avec :  $\Omega = \{\omega_1, \dots, \omega_m\}$  l'ensemble des entités ( $A \subset \Omega$  ensemble des agents et  $MSG \subset \Omega$  ensemble des messages),  $\mathcal{D} = \{d_1, \dots, d_m\}$  l'ensemble des domaines de description des entités,  $P = \{p_1, \dots, p_n\}$  l'ensemble des propriétés utilisées dans les descriptions, et  $\mathcal{F} = \{f_1, \dots, f_k\}$  l'ensemble de filtres.

**Entité :** Nous appelons *entité*  $\omega_i$  le couple  $\langle e_r, e_d \rangle$  avec  $e_r$  est une référence sur un composant réel du système multi-agent à savoir agents, messages. Cette référence peut être de différentes natures : une référence sur l'objet lui-même, URL, une boîte aux lettres, ...  $e_d$  est la description enregistrée dans l'environnement de ce composant. Elle est définie par un ensemble de couples  $\langle propriete, valeur \rangle$  et est utilisée pour l'adressage des informations. Une propriété  $p_i \in P : \Omega \rightarrow d_j \cup \{unknown, null\}$  est une fonction dont le domaine de description  $d_j \in \mathcal{D}$  peut être quantitatif, qualitatif, ou un ensemble fini de données. La valeur

*unknown* est utilisée si la valeur de la propriété n'est pas renseignée et *null* implique que cette propriété n'existe pas pour cette description. Dans la suite ces deux valeurs seront admises par défaut. Par exemple, une modélisation d'agents et de messages au sein du système de gestion de crise est constituée des propriétés *id, role, position, sujet, emetteur* avec  $id : \Omega \rightarrow N$ ,  $role : \Omega \rightarrow \{coordinateur, responsable\_service\}$ ,  $position : \Omega \rightarrow N \times N$ ,  $sujet : \Omega \rightarrow \{alerte, demande\}$ ,  $emetteur : \Omega \rightarrow N$ . Un agent  $a$  peut donc avoir la description  $\langle \langle role, coordinateur \rangle \rangle$ , un agent  $b$   $\langle \langle role, responsable\_service \rangle, \langle position, (10, 20) \rangle \rangle$  et un message  $m$   $\langle \langle sujet, alerte \rangle, \langle position, (15, 20) \rangle \rangle$ .

Une entité fait le lien entre le monde réel du SMA et le monde modélisé pour la gestion des communications. Un agent a un processus ainsi que des connaissances qui lui sont propres et il enregistre et maintient à jour dans l'environnement une description qui le représente.

**Filtre :** Un filtre  $f_j \in \mathcal{F}$  est un n-uplet  $f_j = \langle f_a, f_m, [f_C], n_f \rangle$  avec  $n_f$  le nom du filtre. L'assertion  $f_a : A \rightarrow \{true, false\}$  identifie les agents récepteurs, l'assertion  $f_m : MSG \rightarrow \{true, false\}$  identifie les messages concernés, et  $f_C : \mathcal{P}(\Omega) \rightarrow \{true, false\}$  est un ensemble optionnel d'assertions identifiant les autres entités du contexte. Un filtre est validé pour autant de triplets  $\langle agent, message[, contexte] \rangle$  tel que  $f_a(agent) \wedge f_m(message) \wedge f_C(contexte)$  est vrai. Le filtre identifie les entités selon leur description ( $e_d$ ) et réalise l'interaction entre les objets réels ( $e_r$ ). Par conséquent, chaque agent  $a$  dont la description valide  $f_a$  reçoit dans sa boîte aux lettres le message  $m$  dont la description valide  $f_m$  s'il existe un sous ensemble d'entités *contexte* dont les descriptions valident  $f_C$ .

Par exemple, le filtre  $Fe$  identifie l'adressage de la communication suivante : les agents *responsables* qui sont situés à l'origine de la crise doivent recevoir les messages d'alerte de l'agent *coordinateur*. La définition de  $Fe$  est  $\langle f_a, f_m, f_C, Fe \rangle$  avec :

$$f_a : [role(?r) = responsable\_service] \wedge [position(?r) = (0, 0)]$$

$$f_m : [sujet(?m) = alerte] \wedge [emetteur(?m) = ?ide]$$

$$f_C : [id(?e) = ?ide] \wedge [role(?e) = coordinateur]$$

'?' précédant une lettre déclare une variable et '=' est l'opérateur de comparaison.

Les agents souhaitant envoyer ou recevoir un message, maintiennent à jour leur description et ajoutent/retiennent dynamiquement dans/de l'environnement les filtres qui les concernent. Ainsi,

un agent souhaitant utiliser l'environnement comme support à l'interaction indirecte, dépose un filtre décrivant une communication dans laquelle il est récepteur (e.g. le filtre  $Fe$  est déposé par un agent décrit comme *responsable*). Lorsqu'il veut utiliser l'environnement comme support à la communication directe, il dépose un filtre décrivant une communication dans laquelle il est émetteur (e.g. le filtre  $Fe$  est déposé par l'agent décrit comme *coordinateur*).

En fonction de l'état de l'environnement, tous les filtres déclençables permettront l'adressage des messages dans un mode direct ou indirect vers les destinataires correspondants.

Même si EASI permet une gestion avancée des communications en identifiant finement le contexte d'une interaction, il ne peut pas, en l'état, être utilisé par les agents afin de raisonner sur les raisons de leur interaction. Par exemple, le filtre  $Fe$  va permettre l'adressage du message mais l'origine de ce besoin n'est pas formalisé dans EASI. Pour le filtre  $Fe$ , le choix du mode de communication peut dépendre des relations entre les rôles de coordinateur et de responsables : le *coordinateur* s'adresse aux *responsables* (mode direct) pour certains messages alors que les *responsables* écoutent tous les messages du *coordinateur* (mode indirect). Avec cette connaissance, un agent peut raisonner sur les interactions en cours. Par exemple, le coordinateur peut choisir une interaction directe pour certaines informations et l'interaction indirecte pour les autres. L'agent responsable peut déduire l'importance à accorder aux informations selon le filtre par lequel il a reçu l'information. La spécification des communications au sein d'un modèle organisationnel permettrait ainsi aux agents de lier les filtres de communication à l'origine du besoin et de raisonner sur les différentes alternatives possibles.

### 3 Extension de MOISE pour EASI

Afin de pouvoir mettre en place la spécification des modes d'interaction envisagés dans EASI nous enrichissons le langage de modélisation d'organisation de MOISE en introduisant une nouvelle dimension. Cette nouvelle dimension appelée *spécification des modes de communication* (noté  $CS$ ) est dédiée à l'expression des différents modes de communication envisagés au sein de l'organisation. Comme les autres dimensions de MOISE, elle est indépendante de  $SS$  et  $FS$ . Nous utilisons le même principe de liaison explicite entre les dimensions en enrichissant

la spécification normative pour que l'on puisse lier explicitement et déclarativement les modes de communications à la structure et au fonctionnement de l'organisation par un ensemble de normes. Ces normes devront être prises en compte par les agents lors de leurs interactions avec les autres agents dans le contexte de l'organisation.

La spécification d'organisation ainsi enrichie est donc définie par le quadruplet  $\langle SS, FS, CS, NS \rangle$  avec  $CS$  spécification des modes de communication, et  $NS$  spécification normative enrichie. Nous détaillons ces deux éléments dans ce qui suit.

#### 3.1 Spécification des modes de communication

La spécification  $CS$  est constituée de l'ensemble des modes de communication  $cm \in CS$  envisagés au sein de l'organisation.

Un mode de communication est défini sous la forme du triplet suivant :  $\langle type, direction, protocol \rangle$  avec *type*, le type du mode de communication (*direct* ou *indirect*), *direction*, sens de transmission des messages (*unidirectional* ou *bidirectional*), *protocol*, protocole d'interaction envisagé. Les valeurs de cette dernière variable correspondent aux noms des différents protocoles d'interaction que le concepteur a souhaité mettre en place au sein de l'organisation (e.g.  $FIPA_{REQUEST}$ ,  $PublishSubscribe$ , ...).

Comme nous le verrons ci-après, le mode de communication qualifie le lien de communication défini dans la spécification structurelle entre les rôles. Ce lien de communication est un lien orienté de l'*initiateur* de la communication - source du lien - en direction du *participant* - cible du lien -. Etant donné ce sens attaché au lien, il est possible d'envisager que celui-ci soit :  
– un canal unidirectionnel de communication, laissant passer les messages dans un seul sens,  
– ou un canal bidirectionnel de communication, laissant passer les messages dans les deux sens, i.e. de l'initiateur au participant et inversement.

De manière orthogonale à ces deux sens possibles, nous considérons les modes direct et indirect d'interaction mis à disposition au sein de EASI.

Dans notre exemple de gestion de crise, nous définissons par exemple les deux modes de communication  $cm_{d,b}$  et  $cm_{i,u}$  suivants :

$cm_{d,b}$  :  $\langle \text{direct, bidirectional, FIPAREQUEST} \rangle$   
 $cm_{i,u}$  :  $\langle \text{indirect, unidirectional, PublishSubscribe} \rangle$   
 où  $cm_{d,b}$  est utilisé pour demander directement de l'information tandis que  $cm_{i,u}$  est préconisé pour mettre à disposition de l'information que les récepteurs auront le choix de consulter ou non.

### 3.2 Normes de communication

Afin de pouvoir relier un lien de communication à un mode de communication tel que défini dans  $CS$  en explicitant les modalités déontiques attachées à cette utilisation, nous généralisons l'expression des normes décrite dans la version initiale de  $MOISE$  selon l'expression suivante :  $\langle id, c, \rho, dm, object \rangle$  avec  $id$  identifiant unique de la norme,  $c$  condition d'activation de la norme,  $\rho$  rôle sur lequel porte la modalité déontique,  $dm$  modalité déontique (obligation ou permission),  $object$  objet sur lequel porte la modalité.

**Objet d'une norme :** L'objet d'une norme  $object$  est défini par deux expressions :

- $do(m)$  dans le cas où il s'agit de l'exécution de la mission  $m$  - cas initialement pris en compte dans  $MOISE$ ,
- $use(l, cm, \alpha)$  dans le cas où il s'agit de préciser le mode de communication  $cm$  à utiliser dans le cadre du lien  $l$  dans le contexte  $\alpha$ .

**Contexte :** Le contexte  $\alpha$  définit des contraintes sur les descriptions  $e_d$  des entités  $\omega_i \in \Omega$  (cf. Sec. 2.2) impliquées dans l'interaction et utilisant ce lien de communication : agent émetteur et agent récepteur, message. Il est également possible d'y ajouter des descriptions supplémentaires issues d'autres entités du SMA (e.g. besoins de l'agent, ...). Nous définirons dans la section suivante l'expression de ces contraintes en lien avec la spécialisation de EASI à  $MOISE$ . Lorsque  $\alpha$  est égal à  $true$ , le lien est utilisable dans n'importe quelle situation.

Considérons le lien de communication  $l_1$  utilisé par les agents jouant le rôle de coordinateur vers les agents jouant le rôle de responsable (cf. Fig. 1). Partant de cette spécification normative, nous lui attachons le mode de communication  $cm_{i,u}$  défini ci-dessus, en définissant  $n_1$   $\langle n_1, c_1, \text{coordinateur, obligation, use}(l_1, cm_{i,u}, T) \rangle$  avec  $c_1$  :  $committed(m_1)$  pour exprimer que  $l_1$  doit être utilisé par les agents jouant le rôle coordinateur lorsqu'ils sont engagés dans la réalisation de la mission  $m_1$ . Aucun contexte particulier n'est attaché à l'utilisation du mode  $cm_{i,u}$ .

Nous pouvons également lui attacher  $cm_{d,b}$ , en définissant  $n_2$  :  $\langle n_2, c_2, \text{coordinateur, obligation, use}(l_1, cm_{d,b}, \alpha_2) \rangle$  avec  $c_2$  :  $committed(m_4)$  en précisant un contexte  $\alpha_2$  (cf. section suivante pour l'expression) tel que la communication sur le lien  $l_1$  se déroule dans le contexte de l'envoi de message en direction d'agents appartenant au groupe CIGT ou en définissant les mêmes contraintes en précisant que la communication sur  $l_1$  se déroule dans le contexte  $\alpha_3$  de l'envoi de message issu d'agent jouant le rôle coordinateur en direction d'agent appartenant au groupe GR :  $\langle n_3, c_2, \text{coordinateur, obligation, use}(l_1, cm_{d,b}, \alpha_3) \rangle$ .

Par la suite, nous aurons besoin d'accéder aux caractéristiques d'un lien de communication  $l_j$  dans la spécification structurelle. Pour cela, nous utiliserons une notation pointée  $l_j.initiateur$  (resp.  $l_j.participant$ ) pour accéder au rôle source (resp. cible) du lien  $l_j$ , et  $l_j.groupe$  pour accéder au groupe dans lequel  $l_j$  est défini.

## 4 Spécialisation de EASI pour MOISE

Notre objectif est de générer les filtres de l'environnement de communication à partir des spécifications du modèle organisationnel défini ci-dessus. Ces filtres utilisent des informations sur l'organisation qui doivent être enregistrées dans la description des entités. Dans cette section, nous identifions les propriétés nécessaires pour les agents et les messages puis nous décrivons comment un filtre générique peut être généré depuis une norme de communication.

### 4.1 Choix des propriétés

Afin de faire le lien entre organisation et interaction, il est nécessaire de donner une description minimale d'un agent et d'un message en intégrant cette nouvelle dimension. Selon la définition d'une entité donnée en section 2.2, il s'agit pour chaque type d'entité de définir les propriétés qui seront accessibles dans l'environnement.

**Description d'un agent :** La description d'un agent contient au minimum l'ensemble de propriétés  $\{id; org\}$  avec :

- $id$  retournant l'identifiant de l'agent ( $id : A \rightarrow ID_A$  avec  $ID_A$  ensemble des identifiants des agents),
- $org$  retournant le sous ensemble de descriptions organisationnelles issues de l'activité de

l'agent au sein de l'organisation ( $org : A \rightarrow \mathcal{P}(OC)$  avec  $OC$  ensemble des descriptions de l'organisation).

Une description de l'organisation  $oc_i \in OC$  est définie par :  $oc_i = \langle ig : g, r, m, go \rangle$  avec  $ig \in \mathcal{IG}$ ,  $g \in \{rg\} \cup rg.subgroups$ ,  $r \in R$ ,  $m \in M$ ,  $go \in G$ .  $ig$  est un groupe concret créé à partir de la spécification du groupe  $g$  défini dans la spécification structurelle de l'organisation. Le paramètre  $rg$  et les ensembles  $R$ ,  $M$ ,  $G$  sont définis dans la spécification de l'organisation (cf. Sec. 2.1).

Par exemple, l'agent  $a$  décrit par  $org(a) = \{\langle g1 : Decisionnel, responsable, m_2, b_2 \rangle, \langle g2 : DDE, responsable\_service, m_1, b_1 \rangle\}$ , appartient à un groupe  $g1$  de type Decisionnel et à un groupe  $g2$  de type DDE, dans lesquels il joue respectivement le rôle responsable, engagé dans la mission  $m_2$ , cherchant à atteindre le but  $b_2$  et le rôle responsable\_service, engagé dans la mission  $m_1$  cherchant à atteindre le but  $b_1$ .

Cette description d'un agent est minimale et deux modes de gestion sont définies. Ces informations étant propres à l'organisation, il est possible de faire gérer de manière non intrusive la valeur de ces propriétés pour un agent par le système responsable de l'organisation. Par contre, si cet ensemble est complété par des propriétés spécifiques à une application, alors leur gestion doit être assurée par les agents eux mêmes.

**Description d'un message :** De la même manière, nous spécialisons la description d'un message avec l'ensemble minimal de propriétés  $\{sender, receiver, subject, rc, sc\}$  avec :

- $sender : MSG \rightarrow ID_A$ ,
- $receiver : MSG \rightarrow \mathcal{P}(ID_A)$ ,
- $subject : MSG \rightarrow D_{subject}$ , avec  $D_{subject} = G \cup R \cup \{expression\}$ ,  $expression$  est une chaîne alphanumérique,
- $rc : MSG \rightarrow OC$  correspondant au contexte de réception,
- $sc : MSG \rightarrow OC$  correspondant au contexte d'émission.

Avec ces propriétés, l'émetteur donne des informations sur le contexte organisationnel de communication qu'il prévoit pour son message. Pour un message, chacune de ces propriétés peut être renseignée ou avoir pour valeur *unknown*. Plus l'émetteur renseigne de propriétés plus il permet l'utilisation de filtre précis pour l'adressage. Nous imposons que la propriété *sender* soit renseignée (pas de messages anonymes) pour les autres c'est au choix de l'émetteur.

Ainsi, en fonction des propriétés renseignées, nous obtenons une possibilité d'adressage al-

lant de la seule interaction indirecte sur l'identifiant de l'émetteur (aucune des autres propriétés n'est renseignée) à un adressage très précis sur un sous ensemble de récepteurs (*receiver*) dans un contexte organisationnel donné (*rc*), l'émetteur étant dans un contexte organisationnel identifié (*sc*), le message portant sur un sujet précis (*subject*).

L'émetteur peut également choisir de définir des motifs pour conditionner l'adressage selon les contextes organisationnels. Pour cela il utilise le symbole  $\langle \_ \_ \rangle$  comme valeur d'un élément d'un contexte organisationnel. Ce symbole indique que cette valeur n'est pas contraignante dans le choix des n-uplets. Ainsi, l'expression  $\langle \_ : DDE, \_ , m_2, \_ \rangle$  définit un motif organisationnel de  $OC$  tel que l'instance de groupe est de type DDE et la mission est  $m_2$  quelles que soient les valeurs de rôles et de buts.

Par exemple le message  $mes1$  décrit ci-dessous signifie que l'émetteur dont l'identifiant est  $a1$  et ayant le but  $b2$  (contexte d'émission) envoie un message destiné aux agents  $a2$  et  $a4$  (sous-ensemble d'identifiants d'agents). Dans ce cas, le traitement de ce message n'est pas contraint par l'état organisationnel des agents participants si ce n'est d'être en train de satisfaire le but organisationnel  $b2$ .

$\langle \langle sender, a1 \rangle, \langle receiver, \{a2, a4\} \rangle, \langle subject, request \rangle, \langle rc, \langle \_ : \_ , \_ , b2 \rangle \rangle, \langle sc, \langle \_ : \_ , \_ , b2 \rangle \rangle \rangle$

Pour l'émetteur, il s'agit uniquement de possibilités puisque l'adressage du message dépend des filtres qui sont présents dans l'environnement.

Selon les filtres présents dans l'environnement, l'adressage de ce message peut amener à différentes situations : interaction telle que prévue par l'émetteur, aucune interaction, ou encore des interactions non initialement prévues par l'émetteur. Par exemple l'agent  $a2$  peut tout à fait recevoir le message bien que n'ayant plus le but  $b2$  s'il existe un filtre lui permettant par exemple de recevoir tout message en provenance de l'agent  $a1$ , indépendamment des autres valeurs des propriétés du message.

Nous enregistrons dans chaque message le contexte organisationnel de son émission afin de permettre aux agents par leurs filtres d'en faire l'usage qu'ils souhaitent. Un agent peut ainsi choisir de recevoir des messages ou de les adresser selon leurs contextes organisationnels sans que leurs usages ne lui soit imposés. De plus, cette définition des messages permet de prendre en compte l'évolution de l'état de l'organisation. Ainsi, s'il reste dans l'environnement, un

message peut être reçu par un agent car l'état de l'organisation a changé. Par exemple, un agent peut être intéressé par tous les messages dont le contexte de réception concerne un rôle qu'il vient d'acquiescer.

## 4.2 Des normes de communication vers les filtres de l'environnement

L'activation d'une norme pour un lien de communication a pour conséquence la génération puis l'ajout d'un filtre dans l'environnement. Ce filtre, appelé filtre normatif, correspond à l'expression exacte de la norme et est déposé par le système de gestion de l'organisation. L'activation de la norme assure l'existence du filtre normatif associé et est connu des agents concernés par l'activation de la norme. En plus des filtres normatifs, l'environnement contient les filtres déposés par les agents selon leur activité. S'il s'agit d'une interaction directe, l'émetteur sait qu'il peut contacter les agents identifiés comme récepteur dans la norme. S'il s'agit d'une interaction indirecte, le récepteur sait qu'il peut recevoir les messages identifiés dans la norme.

Un filtre normatif utilise toutes les informations possibles issues de la spécification organisationnelle et permet l'adressage d'un message dont les propriétés *sc* et *rc* sont complètement renseignées. La propriété *receiver* n'est pas utilisée dans la génération d'un filtre normatif car cela suppose que l'émetteur connaisse les identifiants des agents, ce qui est une hypothèse trop forte. De même, puisqu'il s'agit d'un adressage issu de l'activation d'une norme, le filtre ne sera pas contraint sur le sujet du message (*subject*) sauf conditions complémentaires dans la norme (contexte  $\alpha$  de l'objet de la norme). Le filtre identifie un état du contexte correspondant à l'interaction. Il est donc identique dans les cas directs et indirects. Nous proposons ainsi un *patron de génération* qui sera particularisé pour chaque norme activée.

**Accès à la spécification organisationnelle :** Le filtre normatif est créé lors de l'activation de la norme de la manière suivante.

Pour cela, nous définissons les fonctions *initiateur* et *participant* qui permettent d'accéder aux agents concernés par le lien de communication défini dans l'objet de la norme. Nous obtenons :

- *initiateur* :  $\mathcal{NSI} \rightarrow A$
- *participant* :  $\mathcal{NSI} \rightarrow A$

Ces fonctions donnent pour une norme instanciée, l'agent à l'initiative (*initiateur*) ou un

agent participant (*participant*) de l'interaction. A partir de ces deux fonctions, nous pouvons exprimer des contraintes sur les descriptions de ces agents. Par exemple  $org(initiateur(n_j))$  permet d'accéder au contexte organisationnel attaché à la description de l'agent initiateur de la communication dans le cadre de la norme instanciée  $n_j$  qui le concerne.

Soit le prédicat  $achieves_\alpha$  un prédicat généré à partir des contraintes exprimées par le contexte  $\alpha$  de l'objet d'une norme permettant de tester que ce contexte est satisfait étant donné l'initiateur, le participant, le message et les descriptions d'entités dans l'environnement en lien avec  $\alpha$  :

$$achieves_\alpha : A \times MSG \times A \times \mathcal{P}(\Omega) \rightarrow \{true, false\}$$

Nous pouvons à présent exprimer le filtre normatif  $f_{n_k}(?p, ?m, \{?i, C\})$  par défaut, portant sur le récepteur  $?p$  du message  $?m$  envoyé par  $?i$  dans le contexte  $C$ , généré suite à l'activation de la norme  $n_k$  dont l'objet porte sur le lien de communication  $l_j$ . Il est constitué des assertions  $f_a$  qui identifie le récepteur du message  $?p$  selon son contexte organisationnel,  $f_m$  qui identifie le message  $?m$  selon son contexte organisationnel et  $f_c$  qui identifie le contexte organisationnel de l'émetteur et les contraintes  $\alpha$  propres à la norme  $n_k$ .

$$\begin{aligned} f_a &: \langle [org(?p) \ni \langle ?x : l_j.groupe, l_j.participant, \_, \_ \rangle] \\ f_m &: \langle [sender(?m) = id(?i)] \wedge [sc(?m) = \langle ?y : l_j.groupe, l_j.initiateur, \_, \_ \rangle] \wedge [rc(?m) = \langle ?x : l_j.groupe, l_j.participant, \_, \_ \rangle] \\ f_c &: \langle [org(?i) \ni \langle ?y : l_j.groupe, l_j.initiateur, \_, \_ \rangle] \wedge achieves_\alpha(?p, ?m, ?i, C) \rangle \end{aligned}$$

Reprenons la norme  $n_2$  de notre exemple de gestion de crises :  $\langle n_2, committed(m_4), coordinateur, obligation, use(l_1, cm_{d,b}, \alpha_2) \rangle$  avec  $\alpha_2 : \langle \langle \_ : CIGT, \_, \_, \_ \rangle \in org(participant(n_2)) \rangle$ . L'interaction étant directe et bidirectionnelle (cf.  $cm_{d,b}$  de  $n_2$ ), c'est l'agent émetteur qui dépose le premier message, les deux filtres nécessaires à l'interaction étant générés et mis en place suite à l'activation de  $n_2$ .

Le filtre normatif généré pour  $n_2$  pour l'interaction de l'initiateur vers le participant est  $f_{n_2}(?p, ?m, \{?i, C\})$  : où :

$$\begin{aligned} f_a &: \langle [org(?p) \ni \langle ?x : Decisionnel, responsable, \_, \_ \rangle] \\ f_m &: \langle [sender(?m) = id(?i)] \wedge [sc(?m) = \langle ?y : Decisionnel, coordinateur, \_, \_ \rangle] \wedge [rc(?m) = \langle ?x : Decisionnel, responsable, \_, \_ \rangle] \\ f_c &: \langle [org(?i) \ni \langle ?y : Decisionnel, coordinateur, \_, \_ \rangle] \wedge [org(?p) \ni \langle \_ : CIGT, \_, \_, \_ \rangle] \rangle \end{aligned}$$

Le filtre normatif du participant vers l'initiateur



est  $f_{n_2}(?i, ?m, \{?p, C\}) :^4$ , où :

$f_a : \langle [org(?i) \ni \langle ?x : Decisionnel, coordinateur, -, - \rangle]$   
 $f_m : \langle [sender(?m) = id(?p)] \wedge [sc(?m) = \langle ?y : Decisionnel, responsable, -, - \rangle] \wedge [rc(?m) = \langle ?x : Decisionnel, coordinateur, -, - \rangle]$   
 $f_c : \langle [org(?p) \ni \langle ?y : Decisionnel, responsable, -, - \rangle] \wedge [org(?p) \ni \langle - : CIGT, -, -, - \rangle] \rangle$

Ainsi, pour deux agents dans la même instance de groupe, le message émis par l'agent initiateur  $a_1$  pouvant être traité par le filtre  $f_{n_2}$  aura la description suivante :

$\langle \langle sender, id(a_1) \rangle, \langle rc, \langle g1 : Decisionnel, coordinateur, -, - \rangle, \langle sc, \langle g1 : Decisionnel, responsable, -, - \rangle \rangle \rangle$

Le message émis par un agent participant  $a_2$ , traitable par  $f_{n_2}$  aura la description suivante :

$\langle \langle sender, id(a_2) \rangle, \langle rc, \langle g1 : Decisionnel, responsable, -, - \rangle, \langle sc, \langle g1 : Decisionnel, coordinateur, -, - \rangle \rangle \rangle$

Avec ces deux filtres, un canal de communication a été créé entre les agents ayant les rôles de coordinateurs et de responsables dans le groupe CIGT. Le modèle d'interaction EASI a permis son élaboration et le modèle d'organisation MOISE permet d'en définir le cadre d'utilisation.

## 5 Illustration

Dans cette section, nous illustrons et discutons les capacités d'expression de notre proposition en revenant sur les modes d'interaction spécifiés sur le lien de communication  $l_1$  au travers des normes de communications  $n_1, n_2, n_3$  issues du SMA pour la gestion de crise décrit dans ce papier.

- $\langle n_1, c_1, coordinateur, obligation, use(l_1, cm_{i,u}, true) \rangle$   
avec  $c_1 : committed(m_1)$
- $\langle n_2, c_2, coordinateur, obligation, use(l_1, cm_{d,b}, \alpha_2) \rangle$   
avec  $c_2 : committed(m_4)$   
et  $\alpha_2 : \langle - : CIGT, -, -, - \rangle \in org(participant(n_2))$
- $\langle n_3, c_3, coordinateur, obligation, use(l_1, cm_{d,b}, \alpha_3) \rangle$   
avec  $c_3 : committed(m_4)$   
et  $\alpha_3 : \langle - : GR, -, -, - \rangle \in org(participant(n_3))$

Sur ces trois normes, les différences portent sur la *condition d'activation* de la norme  $c_x$ , le *mode de communication*  $cm_{x,y}$  et le *contexte de communication*  $\alpha_x$  spécifié dans l'objet.

La norme  $n_1$  dont la condition d'activation porte sur le traitement de la crise (mission  $m_1$ ) est activée tout au long de la gestion de crise. Les

normes  $n_2$  et  $n_3$  ne sont activées que lorsque le ou les agents sur lesquels portent ces normes sont engagés sur la mission  $m_4$ .

Le prédicat  $achieves_\alpha$  du filtre normatif  $f_{n_1}$  généré à partir de la norme  $n_1$  est toujours vrai ( $\alpha_1 = true$ ). Selon cette norme, tous les agents jouant le rôle responsable (cible du lien  $l_1$ ) doivent consulter les informations mises à disposition par tout agent jouant le rôle coordinateur. La norme  $n_2$  impose la mise en oeuvre d'une interaction directe dans le cadre de la mission  $m_4$  afin que le coordinateur puisse obtenir des informations sur l'état du réseau routier. Selon cette norme tout agent jouant le rôle coordinateur peut contacter les agents jouant un rôle responsable (cible du lien  $l_1$ ) et membres également d'une instance de groupe CIGT. Le filtre normatif  $f_{n_2}$  décrit à la section précédente rend compte de ces contraintes. Pour cette même mission  $m_4$ , le coordinateur a besoin d'information sur les ressources disponibles des services GR. Le filtre normatif  $f_{n_3}$  résultat de l'activation de la norme  $n_3$ , permet au coordinateur de contacter tous les responsables de chaque service gestionnaire réseau (GR).

Dans notre exemple, si les missions  $m_1, m_4$  sont en cours, les filtres normatifs correspondant à ces trois normes sont présents simultanément dans l'environnement. Du point de vue de l'agent coordinateur cela signifie qu'il peut s'adresser directement aux agents responsables des groupes CIGT ( $n_2$ ) et élargir sa demande aux responsables présents dans les groupes GR ( $n_3$ ) selon ses besoins. Du point de vue des agents jouant le rôle responsable dans le groupe Decisionnel, s'ils sont aussi impliqués dans le rôle responsable\_service au sein des groupes CIGT et GR (possible du fait du lien de compatibilité entre responsable et responsable\_service), ils recevront les demandes de l'agent coordinateur et pourront y apporter une importance toute particulière puisque c'est une interaction directe du coordinateur. Les agents pourront répondre à cet agent en utilisant le filtre normatif symétrique créé dans le cas d'une interaction bidirectionnelle. Du fait de la norme  $n_1$ , tous les responsables recevront les messages envoyés par les agents jouant le rôle coordinateur via le filtre  $f_{n_1}$ , constituant ainsi une connaissance commune (interaction indirecte). L'attention portée à la réception du message par ce filtre pourra varier en fonction de l'activité des agents.

Ce court exemple que nous ne pouvons détailler plus, montre la richesse d'expression des modes d'interaction que permet la combinaison

4. nous continuons à utiliser la variable  $?p$  pour le participant dans l'interaction et  $?i$  pour l'initiateur sachant que c'est l'agent identifié par la variable  $?i$  qui reçoit le message envoyé par  $?p$ .

de EASI et MOISE décrite dans ce papier.

## 6 Travaux connexes

A notre connaissance, il n'existe pas de support similaire à l'interaction permettant, pour une même communication, de prendre en compte simultanément les modèles d'interaction directe et indirecte. Par conséquent, nous discutons séparément le lien entre interaction et organisation.

Pour les travaux en lien avec le modèle d'interaction indirecte, le principe général est d'utiliser un espace de données qui est intégré ou non à l'environnement [7]. Dans cette approche, les tuples déposés par les émetteurs dans l'espace partagé sont comparés à des motifs exprimant les besoins des agents récepteurs. Ces travaux se focalisent sur le langage de coordination associé et ne prennent en compte, à aucun moment, l'organisation ou l'état des agents.

Concernant le modèle d'interaction directe, plusieurs travaux proposent d'utiliser une structure d'organisation afin de gérer les communications. Dans [1], les agents sont organisés selon une hiérarchie dont chaque niveau a une connaissance des compétences des niveaux inférieurs afin de permettre un adressage des messages selon les compétences recherchées par l'émetteur. Cependant, il ne s'agit pas d'un modèle organisationnel manipulable par les agents. Dans le modèle AGR [3], l'organisation permet de contraindre les interactions selon les groupes d'appartenance des agents et assure un adressage des messages selon le modèle d'organisation (groupe et rôle). Cependant, seul le mode direct est traité explicitement et les agents n'ont pas accès à une description explicite et globale de ces différentes spécifications.

Des modèles d'organisation normatifs ont été proposés dans la littérature afin de réguler et contrôler la communication entre agents. Cependant les spécifications considérées adressent les protocoles d'interaction, i.e. coordination de l'interaction plus que le mode d'interaction, selon un mode direct d'interaction (e.g. ISLANDER [2]). Ils n'adressent donc pas l'interaction au niveau abordé dans ce papier.

## 7 Conclusion

Dans ce papier, nous avons proposé une spécification des modes d'interactions entre agents au sein d'une organisation en enrichissant et étendant le langage de modélisation d'organisation

MOISE. Nous avons également montré comment les spécifications ainsi produites sont utilisées pour générer et configurer dynamiquement l'environnement de communication adapté correspondant à de telles interactions en spécialisant l'environnement EASI. Un prototype issu de la plateforme EASI est en cours de développement. Nous avons illustré l'utilisation de cette proposition dans un exemple d'application de gestion de crise.

Nous envisageons d'étendre la prise en compte des modes d'interaction à l'écoute flottante. Nous allons introduire les problématiques de liens de communication entre groupes en enrichissant la spécification structurelle de MOISE. EASI permettant de bloquer des communications pour des raisons de sécurité, confidentialité, ou tout simplement pour le fonctionnement du SMA, nous devons établir le lien avec l'utilisation des normes définies dans MOISE. Enfin nous devons établir les modèles de raisonnement des agents sur les possibilités d'interaction ainsi spécifiées.

## Références

- [1] N. Bensaid and P. Mathieu. A hybrid architecture for hierarchical agents. In *Proc. of ICCIMA'97*, pages 91–95, 1997.
- [2] M. Esteva, J. A. Rodriguez-Aguilar, C. Sierra, P. Garcia, and J. L. Arcos. On the formal specification of electronic institutions. In Frank Dignum and Carles Sierra, editors, *Proceedings of the Agent-mediated Electronic Commerce*, LNAI 1191, pages 126–147, Berlin, 2001. Springer.
- [3] J. Ferber and O. Gutknecht. A meta-model for the analysis and design of organizations in multi-agents systems. In Y. Demazeau, editor, *Proceedings of the 3rd International Conference on Multi-Agent Systems (ICMAS'98)*, pages 128–135. IEEE Press, 1998.
- [4] J. F. Hübner, O. Boissier, R. Kitio, and A. Ricci. Instrumenting Multi-Agent Organisations with Organisational Artifacts and Agents. *Journal of Autonomous Agents and Multi-Agent Systems*, 20(3), 2010.
- [5] J. F. Hübner, J. S. Sichman, and O. Boissier. A model for the structural, functional, and deontic specification of organizations in multiagent systems. In G. Bittencourt and G. L. Ramalho, editors, *Proceedings of the 16th Brazilian Symposium on Artificial Intelligence (SBIA'02)*, volume 2507 of LNAI, pages 118–128, Berlin, 2002. Springer.
- [6] J. Saunier and F. Balbo. Regulated multi-party communications and context awareness through the environment. *Journal on Multi-Agent and Grid Systems*, 5(1) :75–91, 2009.
- [7] L. Tummolini, C. Castelfranchi, A. Ricci, M. Viroli, and A. Omicini. "exhibitionists" and "voyeurs" do it better : A shared environment approach for flexible coordination with tacit messages. In *Proc. of Workshop on Environments for Multi-Agent Systems*, LNAI 3374, pages 215–231. Springer Verlag, 2004.