

# Actes communicatifs à effets institutionnels

R. Demolombe\*

V. Louis†

robert.demolombe@orange.fr    vincent.louis@orange-ftgroup.com

\*IRIT, Université Paul Sabatier  
118 Route de Narbonne – 31062 Toulouse Cedex 9 – FRANCE

†France Télécom, Recherche & Développement  
2, av. Pierre Marzin – 22307 Lannion Cedex – FRANCE

## Résumé :

Cet article présente un cadre logique général pour représenter des actes de langage ayant des effets institutionnels. Il s'appuie sur les concepts de la théorie des actes de langage et complète la formalisation adoptée par l'organisme FIPA pour standardiser son langage de communication inter-agent. La caractéristique fondamentale de notre approche est que la force illocutoire de tous les actes de langage ainsi définis est déclarative. Le langage formel proposé pour exprimer le contenu propositionnel offre un grand pouvoir expressif et permet de représenter une grande variété d'actes de langage tels que : donner un pouvoir, nommer, ordonner, déclarer, *etc.*

**Mots-clés :** Actes de langage, effets institutionnels, agents, logique formelle, FIPA-ACL

## Abstract:

A general logical framework is presented to represent speech acts that have institutional effects. It is based on the concepts of the Speech Act Theory and takes the form of the Agent Communication Language standardized by the FIPA organization. The most important feature of our approach is that the illocutionary force of all of these speech acts is declarative. The formal language that is proposed to express the propositional content has a large expressive power and makes it possible to represent a large variety of speech acts such as : to empower, to appoint, to order, to declare, *etc.*

**Keywords:** Speech acts, institutional effects, agents, formal logic, FIPA-ACL

## 1 Introduction

Les langages de communication agent jouent un rôle important pour formaliser et mettre en oeuvre les interactions entre institutions électroniques, en particulier dans le domaine du commerce électronique [9, 10]. Ces langages doivent avoir une sémantique à la fois claire et intuitive, et pour

cela, devraient se baser sur des concepts aussi proches que possible de ceux qui sont utilisés pour définir la communication en langage naturel. C'est pourquoi la théorie des actes de langage [29] et le concept de fait institutionnel [5, 23, 22] sont généralement reconnus comme des cadres appropriés pour cet objectif.

Dans cet article, nous examinons la formalisation d'actes de langage qui ont des effets institutionnels dans des société d'agents, par exemple : créer une obligation, assigner un rôle à un agent ou déclarer les enchères ouvertes. Le contexte de nos travaux est la formalisation d'interactions entre agents électroniques, et plus particulièrement la formalisation d'actes communicatifs entre agents.

La théorie des actes de langage, définie par Searle dans [29] et formalisée par Searle et Vandervecken dans [30], a déjà été appliquée au contexte des agents électroniques. Notamment, la sémantique d'actes tels que *inform* ou *request* a été formalisée en logique modale et adoptée comme standard dans le langage de communication inter-agent FIPA-ACL [17]. Cette formalisation est issue des travaux de Sadek présentés dans [28].

Appliquer à des agents électroniques des concepts de la théorie des actes de langage tels que les croyances ne semble pas incongru et fait même sens a priori. En revanche, attribuer des intentions à ces agents apparaît davantage problématique. De surcroît, il n'est pas très clair si parler d'obligations ou de pouvoirs institutionnels a encore un

sens pour des agents électroniques. En effet, les obligations, et les normes en général, sont destinées à influencer le comportement d'agents ayant un libre arbitre.

Certains auteurs, comme McCarthy dans [26], ne rejettent pas l'idée que les agents électroniques puissent avoir un libre arbitre, comme les êtres humains, et qu'ils puissent réellement choisir leurs intentions et même violer ou respecter des obligations.

Nous ne prétendons pas ici donner des réponses, ni même des éléments de réponse, à la question philosophique du libre arbitre des agents électroniques. Nous faisons simplement l'hypothèse que les agents électroniques peuvent être vus comme des représentants d'agents humains, de la même façon que des agents humains peuvent représenter des agents institutionnels, conformément à ce que proposent Carmo et Pacheco dans [2].

Dans ces conditions, nous pouvons supposer que les actions accomplies par des agents électroniques sont déterminées et choisies, explicitement ou implicitement, par des agents humains. Ainsi, dans notre approche, les actions d'agents électroniques *comptent pour* des actions d'agents humains.<sup>1</sup>

À partir de là, comment répondre à la question : « *qu'advient-il lorsqu'un agent électronique viole une obligation ?* » ? Dans le cas où un agent doit payer une amende pour réparer une violation, on pourrait imaginer qu'il soit possible de débiter le compte de l'agent électronique (sans considérer ici la définition de ce que signifie qu'un agent électronique *détient* un compte). Cependant, dans le cas où un agent doit aller en prison pour réparer une violation, il devient évident que l'agent électronique ne pourra pas réparer lui-

même. Dans le cas général, la réponse à la question précédente est donc que c'est à l'agent humain, qui est représenté par ledit agent électronique, d'assumer et de réparer les violations commises.

Nous sommes naturellement conscients des nombreuses difficultés que peut soulever la définition rigoureuse des relations entre les agents humains et leurs représentants électroniques, notamment en termes de responsabilités. Prenons l'exemple d'un agent électronique qui ne fait pas ce qu'il est censé faire au vu de ses spécifications, ce qui arrive généralement lorsque son logiciel est erroné, et viole une obligation. Quel agent humain est alors responsable ? Son mandant, qui lui délègue des tâches pour lesquelles il le représente ? Le concepteur du logiciel ?

En tout état de cause, dans le cadre de cet article, nous laissons volontairement toutes ces questions ouvertes. Nous nous contentons simplement de formaliser des raisonnements généraux sur les agents, qu'ils soient électroniques ou humains.

La suite du texte est organisée comme suit. Dans la section 2, nous analysons de manière informelle les composantes des actes de langage avec effets institutionnels. Nous présentons ensuite, dans la section 3, une formalisation de chacune de ces composantes dans un cadre logique. Dans la section 4, nous comparons l'approche proposée à d'autres travaux similaires. Enfin, en conclusion, nous résumons les résultats principaux et donnons quelques perspectives de recherche.

## 2 Analyse informelle des actes de langage à effets institutionnels

Dans le cadre de ce travail, nous ne considérons pas la totalité des subtilités de la définition des actes de langage telle que présentée dans [29]. Nous nous restreignons,

---

<sup>1</sup>Nous utilisons « compter pour » dans le même sens que Searle utilise « *count as* » dans [29] ou Jones et Sergot dans [21].

à l'instar des travaux menés par l'organisme FIPA pour la standardisation du langage de communication inter-agent FIPA-ACL, aux caractéristiques suivantes :

- force illocutoire,
- contenu propositionnel,
- préconditions de faisabilité,
- effets illocutoires,
- effets perlocutoires.

Dans la suite, les agents jouant le rôle de locuteur et ceux jouant le rôle d'interlocuteur sont respectivement qualifiés d'« émetteur » et de « destinataire ». L'émetteur et le destinataire sont généralement nommés *i* et *j* dans le langage formel.

## 2.1 Force illocutoire

La force illocutoire est déterminée par la direction de l'ajustement entre les mots et les choses. Les actes de langage que nous considérons ici sont ceux qui créent des faits institutionnels. Autrement dit, leur accomplissement « *a pour fonction [...] d'influer sur les états de faits institutionnels* »<sup>2</sup>, comme l'écrit K. Bach dans l'entrée « acte de langage » de l'encyclopédie de philosophie en ligne Routledge [27]. De tels actes de langage satisfont la double direction de l'ajustement et sont donc caractérisés par une force illocutoire **déclarative**.

Concrétisons le type de faits institutionnels auxquels nous nous intéressons par quelques exemples. En tout état de cause, nous soulignons l'importance de distinguer clairement les faits qui sont représentés par des énoncés descriptifs des faits qui sont représentés par des énoncés normatifs. Parmi les « faits institutionnels descriptifs », nous pouvons citer :

1. les enchères sont ouvertes.
2. l'agent *j* est titulaire du rôle de vendeur.

<sup>2</sup>Traduction de l'anglais : « *have the function [...] of affecting institutional state of affairs* ».

3. l'agent *j* a le pouvoir institutionnel d'ouvrir les enchères.

Parmi les « faits institutionnels normatifs », nous pouvons citer :

4. l'agent *j* a l'obligation de payer la facture de l'hôtel.
5. il est obligatoire d'avoir une carte de crédit.
6. l'agent *j* a la permission de vendre du vin.
7. l'agent *j* a l'interdiction de vendre de la cocaïne.

Il semble clair que la force illocutoire d'un acte de langage qui créerait des faits institutionnels qui ne réfèrent pas à l'accomplissement d'une action par le destinataire (exemples 1, 2, 3 et 5) est déclarative.

La création de faits institutionnels qui réfèrent à l'accomplissement d'une action par le destinataire, comme l'exemple 4 ci-dessus, soulève plus explicitement la question suivante : *est-ce que la force illocutoire des actes de langage correspondants est réellement déclarative ou simplement directive ?*

En effet, on pourrait considérer que, dans cet exemple, l'intention de *i* est que *j* paie la facture. Cela est le cas, par exemple, si un employé d'hôtel *i* donne la facture à un client *j* en disant : « *vous devez payer la facture !* ».

Mais on pourrait tout aussi bien considérer que l'intention de *i* n'est pas directement que *j* paie la facture, mais plus exactement qu'il soit obligatoire que *j* paie la facture. Dans ce cas, l'employé donne au client la facture, qui est un document officiel, car son intention est que ce dernier sache que sa déclaration n'est pas simplement une requête mais plutôt un ordre, qui, par nature, rend obligatoire que le client paie.

Bien entendu, il reste vrai que l'intention de *i* ne se borne pas à seulement créer l'obligation de payer, l'agent a également

l'intention d'être payé in fine. En réalité, *i* croit que l'instauration de cette obligation est un moyen plus efficace pour être payé qu'une simple demande à *j* d'accomplir l'action de payer.

En effet, si *j* refuse de payer, celui-ci sait qu'il viole une obligation et qu'il va devoir s'acquitter d'une amende. L'agent *i* sait que *j* le sait, ce qui le rassure sur ses chances d'être effectivement payé. En outre, si la menace d'une amende ne suffit pas à influencer le comportement de *j*, l'agent *i* est en droit de recourir aux forces de l'ordre pour contraindre *j* à payer, et *i* considère que ces représentants de l'institution auront plus de succès dans cette entreprise qu'il n'aurait eu lui-même s'il avait simplement demandé à *j* de payer.

Notre proposition est de définir, dans les cas tels que l'exemple 4 ci-dessus, deux effets perlocutoires pour les actes de langage : (1) l'établissement d'un fait institutionnel (dans cet exemple, l'obligation que *j* paie) et (2) l'accomplissement d'une action par le destinataire (dans cet exemple, l'action de payer la facture). Nous qualifions ce second effet d'« effet perlocutoire secondaire ».

Dans l'exemple 6, l'intention de *i* est de donner à *j* la permission de réaliser une action (vendre du vin) mais n'est en aucun cas que *j* réalise cette action. Dans l'exemple 7, il est évident que l'intention de *i* n'est pas que *j* accomplisse une action (vendre de la cocaïne). Dans ces deux cas, la force illocutoire de l'acte est clairement déclarative.

## 2.2 Contenu propositionnel

Le contenu propositionnel représente le fait institutionnel à créer lorsque l'acte de langage est accompli. Plus précisément, cette représentation peut se décomposer en une référence à une institution (par rapport à laquelle le fait institutionnel à créer doit

être interprété), le contenu propositionnel lui-même et éventuellement des conditions particulières qui doivent être vérifiées pour que l'effet institutionnel recherché soit bien atteint par la réalisation de l'acte de langage.

Nous avons considéré dans nos travaux différents types de contenus propositionnels appropriés à des contextes applicatifs tels que le commerce électronique. Cependant, la liste proposée peut être facilement étendue en fonction des besoins du domaine choisi.

Les différents types de contenus propositionnels qui représentent des faits institutionnels descriptifs sont les suivants :

- Les contenus propositionnels représentant des situations dans lesquelles des actions comptent, ou ne comptent pas, pour des actions institutionnelles. Un exemple typique est la situation où les enchères sont ouvertes, dans laquelle les offres ont une valeur institutionnelle. Un autre exemple est la situation où un service donné est proposé, dans laquelle, sous certaines conditions, une requête au serveur crée des obligations pour le fournisseur de service. En langue naturelle, les actes de langage qui créent de telles situations peuvent être appelés : « **ouvrir** » ou « **fermer** ».
- Les contenus propositionnels qui représentent des situations dans lesquelles un agent est, ou n'est pas, titulaire d'un rôle. Par exemple, l'agent *j* est, ou n'est pas, titulaire du rôle de vendeur. En langue naturelle, les actes de langage qui créent de telles situations peuvent être appelés : « **nommer** » ou « **destituer** ».
- Les contenus propositionnels qui représentent des situations dans lesquelles un agent *a*, ou n'a pas, un pouvoir institutionnel. Par exemple, l'agent *j* a, ou n'a pas, le pouvoir institutionnel d'ouvrir les enchères. En langue naturelle, les actes de langage qui créent de telles situations peuvent être appelés : « **donner un pou-**

**voir** » ou « **retirer un pouvoir** ».

Les contenus propositionnels qui représentent des faits institutionnels normatifs recouvrent en réalité des obligations, des permissions et des interdictions. Lorsque l'on considère des normes sur des actions, comme les obligations de faire, les actes de langage correspondants peuvent être respectivement appelés en langue naturelle : « **ordonner** », « **permettre** », « **interdire** ». Des verbes similaires peuvent être employés dans le cas de normes sur des états, comme l'obligation d'être.

En plus du contenu propositionnel lui-même, doivent être également précisées les circonstances dans lesquelles les faits institutionnels à créer sont reconnus par l'institution comme des conséquences « légales » de l'accomplissement de l'acte de langage. Dans l'exemple précédent de l'employé et du client, le fait que le client ait effectivement passé une nuit à l'hôtel et que les tarifs des nuitées soient officiellement affichés sont des conditions implicites qui rendent l'ordre de paiement de l'employé valides par rapport à la loi. Cet ordre peut donc se résumer ainsi : « *attendu que vous avez passé une nuit et que le tarif officiel est de tant, je vous ordonne de payer cette facture* ». Si ces conditions ne sont pas remplies, par exemple si le client n'a pas passé de nuit à l'hôtel, l'acte de langage n'a pas de sens.

Pour finir, la signification intuitive de notre proposition d'acte de langage avec effet institutionnel peut s'exprimer plus complètement sous la forme : « *l'émetteur déclare au destinataire sa volonté de changer l'état de fait institutionnel, étant donné que sont satisfaites un ensemble de conditions qui l'autorisent, du point de vue de l'institution, à créer cet état de fait* ».

### 2.3 Préconditions de faisabilité

La précondition de sincérité est à la fois que  $i$  croit qu'il a le pouvoir institutionnel

de créer le fait institutionnel représenté par le contenu propositionnel de l'acte de langage et qu'il croit que les conditions requises pour l'exercice de ce pouvoir sont satisfaites.

A noter ici qu'il y a une différence significative entre ordonner de faire une action (qui est considéré comme déclaratif) et demander de faire une action (qui est considéré comme directif). Ainsi, si  $i$  demande à  $j$  de faire  $\alpha$ , une précondition de sincérité est que  $i$  croit que  $j$  a la capacité de faire  $\alpha$ , alors que si  $i$  ordonne à  $j$  de faire  $\alpha$ , il n'y a pas de telle précondition puisque, comme précisé plus haut, l'intention première de  $i$  en réalisant cet acte d'ordonner est de créer l'obligation de faire  $\alpha$ .

Dans l'exemple de l'employé et du client, l'intention de l'employé d'être payé est indépendante du fait que le client ait effectivement la capacité de payer (par exemple, puisse émettre des chèques sur un compte bancaire suffisamment provisionné). C'est pourquoi le fait que le client puisse payer n'est pas une précondition de sincérité.

La précondition de pertinence (au contexte), à l'instar des actes de langage usuels, est que  $i$  ne croit pas que l'effet perlocutoire soit déjà satisfait.

### 2.4 Effet illocutoire

À première vue, on pourrait définir l'effet illocutoire comme le fait que  $j$ , le destinataire, croit que l'intention de  $i$ , l'émetteur, est que le contenu propositionnel devienne vrai.

Cependant, si l'on considère un agent tiers  $k$  observant (ou « écoutant ») l'acte de langage, la situation s'avère en réalité un peu plus complexe. Dans ce cas, l'effet illocutoire sur  $k$  est que  $k$  croit que l'intention de  $i$  est que  $j$  croit que le contenu propositionnel devienne vrai.

## 2.5 Effet perlocutoire

L'un des effets perlocutoires est que le fait institutionnel représenté par le contenu propositionnel soit satisfait. Un autre effet perlocutoire est que le destinataire  $j$  croit que ce fait est satisfait.

Par exemple, dans le scénario de l'employé et du client, le fait que le client ait l'obligation de payer n'est pas suffisant. Un autre effet significatif est que le client soit effectivement informé de cette obligation. Il en va de même, par exemple, si l'effet perlocutoire est de nommer quelqu'un à un poste.

Par ailleurs, conformément à la discussion précédente sur la force illocutoire, nous distinguons en outre l'« effet perlocutoire primaire » de l'« effet perlocutoire secondaire ». Il n'y a d'effet perlocutoire secondaire que lorsque la signification de l'acte de langage est un ordre de faire une action. Dans ce cas, l'effet secondaire est que l'action en question soit faite.

## 3 Formalisation

Nous adoptons la structure du langage de communication inter-agent FIPA-ACL<sup>3</sup>, standardisé par l'organisme FIPA, pour définir l'acte de langage qui nous intéresse. Nous définissons formellement un acte de langage  $a$  avec effets institutionnels par les composantes suivantes :

$a = \langle i, \text{Declare}(j, D_s n, \text{cond}) \rangle$   
 FP =  $p$   
 PRE =  $q_1$   
 SRE =  $q_2$

où :

- $i$  est l'agent émetteur,
- $j$  est l'agent destinataire,
- $s$  est une institution,

<sup>3</sup>À l'unique différence que nous spécifions deux effets perlocutoires au lieu d'un seul.

- $n$  est une formule représentant le contenu propositionnel,
- $\text{cond}$  est une formule représentant une condition,
- $p$  est une formule représentant les pré-conditions de faisabilité,
- $q_1$  est une formule représentant les effets perlocutoires primaires<sup>4</sup>,
- $q_2$  est une formule représentant les effets perlocutoires secondaires.

Un tel acte de langage signifie que l'émetteur  $i$  déclare au destinataire  $j$  son intention, en accomplissant cet acte, de créer le fait institutionnel  $n$  relativement à l'institution  $s$ , étant donné le fait que cette institution lui reconnaît officiellement le pouvoir de le faire lorsque les conditions  $\text{cond}$  sont satisfaites.

### 3.1 Langage formel sous-jacent et sémantique

La syntaxe du langage logique utilisé pour exprimer les formules  $n$ ,  $p$ ,  $q_1$  et  $q_2$  est définie comme suit.

**Langage  $L_0$ .**  $L_0$  est un langage de logique classique des prédicats du premier ordre.

**Langage  $L$ .** Si  $i$ ,  $s$  et  $\alpha$  sont des termes de  $L_0$  représentant respectivement un agent, une institution et une action, et si  $p$  et  $q$  sont des formules de  $L_0$  ou  $L$ , alors  $B_i p$ ,  $E_i p$ ,  $\text{done}_i(\alpha, p)$ ,  $Op$ ,  $Obq_i(\alpha < p)$ ,  $\text{Perm}_i(\alpha < p)$ ,  $\text{Proh}_i(\alpha < p)$ ,  $D_s p$ ,  $(\neg p)$ ,  $(p \vee q)$  and  $(p \Rightarrow_s q)$  sont des formules de  $L$ .

Nous construisons  $L$  au-dessus de  $L_0$  simplement afin d'éviter les complications inhérentes aux quantificateurs hors de la portée des opérateurs modaux (voir [15]).

<sup>4</sup>Dans les spécifications de FIPA-ACL, l'effet perlocutoire d'un acte de langage est désigné par le terme d'« effet rationnel », afin de rappeler sa signification intuitive comme étant la raison formelle pour laquelle l'acte en question est sélectionné dans un processus de planification. Dans cet article, nous ne reprenons cette appellation qu'à travers les notations PRE et SRE utilisées pour désigner respectivement les effets perlocutoires primaires et secondaires.

La signification intuitive des opérateurs modaux du langage  $L$ , ainsi que celle du connecteur non standard  $\Rightarrow_s$  est la suivante :

$B_i p$  : l'agent  $i$  croit que la proposition  $p$  est vraie.

$E_i p$  : l'agent  $i$  vient juste de faire en sorte que la proposition  $p$  soit vraie.

$done_i(\alpha, p)$  : l'agent  $i$  vient juste de réaliser l'action  $\alpha$  et la proposition  $p$  était vraie juste avant la réalisation de  $\alpha$ .

$Op$  : il est obligatoire que la proposition  $p$  soit vraie.

$Obg_i(\alpha < p)$  : il est obligatoire que l'agent  $i$  réalise l'action  $\alpha$  avant que la proposition  $p$  devienne vraie.

$Perm_i(\alpha < p)$  : il est permis que l'agent  $i$  réalise l'action  $\alpha$  avant que la proposition  $p$  devienne vraie.

$Proh_i(\alpha < p)$  : il est interdit que l'agent  $i$  réalise l'action  $\alpha$  avant que la proposition  $p$  devienne vraie.

$D_s p$  : la proposition  $p$  est reconnue dans le contexte de l'institution  $s$  comme étant vraie.

$p \Rightarrow_s q$  : dans le contexte de l'institution  $s$ , la proposition  $p$  compte pour la proposition  $q$ , i.e.  $q$  est reconnue comme vraie par l'institution dès lors que  $p$  est reconnue comme vraie.

Les autres connecteurs logiques  $\wedge$ ,  $\rightarrow$  et  $\leftrightarrow$  sont définis classiquement en fonction des connecteurs  $\neg$  et  $\vee$ . La permission et l'interdiction qu'une proposition  $p$  soit vraie peuvent également être définies classiquement à partir de  $Op$  (respectivement par  $\neg Op$  et  $O\neg p$ ).

Nous avons introduit les opérateurs  $Obg_i(\alpha < p)$ ,  $Perm_i(\alpha < p)$  et  $Proh_i(\alpha < p)$  car les obligations de faire n'ont de sens que si un délai leur

est explicitement associé (ici ce délai est spécifié par l'instant où la proposition  $p$  devient vraie), afin de pouvoir vérifier si elles ont été violées ou non.

Nous laissons ouverte la possibilité de définir des actions composites à partir d'actions primitives avec des constructeurs standards tels que la séquence, le choix indéterministe, le test, etc.

Enfin, nous introduisons les notations suivantes :

$$done_i(\alpha) \stackrel{\text{def}}{=} done_i(\alpha, true)$$

$$power(i, s, cond, \alpha, f) \stackrel{\text{def}}{=} (cond \wedge done_i(\alpha)) \Rightarrow_s f,$$

où  $cond$  et  $f$  sont des formules de  $L$ .

$done_i(\alpha)$  ne s'intéresse qu'au fait qu'un agent  $i$  vient juste de réaliser une action  $\alpha$ , sans s'intéresser aux propositions qui pouvaient être vraies juste avant la réalisation de cette action.

$power(i, s, cond, \alpha, f)$  signifie que l'institution  $s$  reconnaît à l'agent  $i$  le pouvoir de créer une situation dans laquelle la proposition  $f$  devient un fait institutionnel (relatif à l'institution  $s$ ) en accomplissant l'action  $\alpha$  dans des circonstances où les conditions  $cond$  sont vérifiées.

En reprenant l'analyse informelle proposée à la section 2.2, les actes de langage à effets institutionnels dont la signification intuitive est *ouvrir* ou *fermer* sont formalisés par un contenu propositionnel  $n$  de la forme :  $p$  ou  $\neg p$ , où  $p$  est une formule de  $L_0$ .

Si  $holds(i, r)$  est un prédicat signifiant que l'agent  $i$  est titulaire du rôle  $r$  (la notion de rôle est alors définie dans le cadre d'une institution, voir [8]), alors les actes de langage *nommer* et *destituer* sont respectivement formalisés par un contenu propositionnel  $n$  de la forme :  $holds(i, r)$  ou  $\neg holds(i, r)$ .

Les actes de langage signifiant *donner un pouvoir* ou *retirer un pouvoir* sont respectivement formalisés par un contenu propositionnel  $n$  de la forme :  $power(i, s, cond, \alpha, f)$  ou  $\neg power(i, s, cond, \alpha, f)$ .

Les actes de langage signifiant *ordonner*, *permettre* ou *interdire* de faire une action  $\alpha$  avant un délai  $d$  sont respectivement formalisés par un contenu propositionnel de la forme :  $Obg_i(\alpha < d)$ ,  $Perm_i(\alpha < d)$  ou  $Proh_i(\alpha < d)$ .

D'une façon générale, l'expressivité du langage  $L$  permet de définir des actes de langage à effets institutionnels ayant des significations potentiellement plus complexes que celles des actes exprimés par les verbes usuels de la langue naturelle.

L'objet de ce travail n'étant pas directement de définir la sémantique formelle pour les opérateurs modaux du langage  $L$ , nous donnons seulement quelques indications sur leur sémantique et adoptons, tant que faire se peut, des définitions volontairement simples.

Pour l'opérateur épistémique  $B_i$ , nous adoptons un système de logique modale standard KD (selon la terminologie de Chellas [3]). L'opérateur dynamique  $done_i$  est défini comme une variante et une restriction (voir [24]) de la logique propositionnelle dynamique spécifiée par Harel dans [20]. L'opérateur dynamique  $E_i$  défini par un système de logique modale construit avec les axiomes RE, C,  $\neg$ N et T.

Concernant l'opérateur d'obligation d'être  $O$ , nous adoptons un système de logique déontique standard, à savoir un système de logique modale KD. Concernant les opérateurs d'obligation de faire  $Obg_i$ ,  $Perm_i$  et  $Proh_i$ , nous adoptons la sémantique définie dans [7], qui étend le système de logique déontique dynamique défini par Segerberg dans [31].

Enfin, pour permettre le raisonnement sur

les faits institutionnels, nous adoptons, pour l'opérateur modal  $D_s$  et le connecteur logique  $\Rightarrow_s$ , la sémantique définie par Jones et Sergot dans [21].

### 3.2 Composantes d'un acte de langage avec effets institutionnels

Nous disposons maintenant des outils logiques adéquats pour définir formellement les différentes composantes d'un acte de langage avec effets institutionnels.

#### Contenu propositionnel

Le contenu propositionnel est formé des deux expressions  $D_s n$  et  $cond$ , où  $n$  et  $cond$  sont des formules logiques de  $L$ .

#### Préconditions de faisabilité

La précondition de sincérité exprime le fait que (1) l'agent émetteur  $i$  croit qu'il a le pouvoir institutionnel de créer le fait institutionnel représenté par la formule  $D_s n$  en accomplissant l'acte de langage  $a$  dans des circonstances où la condition  $cond$  est vérifiée et que (2) ce même agent  $i$  croit que cette condition est vérifiée dans la situation courante. Cette précondition s'exprime donc par la formule :  $B_i(power(i, s, cond, a, D_s n) \wedge cond)$ .

La précondition de pertinence (au contexte) s'exprime par la formule :  $\neg B_i D_s n$ , à savoir que l'agent émetteur  $i$  ne pense pas que le fait institutionnel représenté par la formule  $D_s n$  est (déjà) reconnu dans la situation courante par l'institution  $s$ .

Les préconditions de faisabilité d'un acte de langage à effets institutionnels sont donc formalisées par :

$$FP = B_i(power(i, s, cond, a, D_s n) \wedge cond) \wedge \neg B_i D_s n$$

#### Effet illocutoire

Le fait que l'agent destinataire  $j$  croit que l'intention de l'agent émetteur  $i$  est que  $D_s n$  soit satisfait s'exprime par la formule :  $B_j I_i D_s n$ . Le fait qu'un agent observateur  $k$  croit que l'intention de l'agent émetteur  $i$  porte sur le fait précédent s'exprime alors par la formule :  $B_k I_i B_j I_i D_s n$ .

Il en résulte l'effet illocutoire E suivant :

$$E = B_k I_i B_j I_i D_s n$$

### Effets perlocutoires

L'effet perlocutoire primaire, à savoir que  $D_s n$  soit satisfait et que l'agent destinataire  $j$  croit que  $D_s n$  est satisfait, se formalise par :

$$PRE = D_s n \wedge B_j D_s n$$

L'effet perlocutoire secondaire dépend de la nature du contenu propositionnel  $n$ . Par exemple, si  $n$  est de la forme  $Obg_k(\alpha < d)$ , où  $k$  peut désigner soit l'agent émetteur  $i$  soit l'agent destinataire  $j$ , l'effet perlocutoire secondaire s'exprime par la formule  $done_k(\alpha < d)$ , à savoir que l'action  $\alpha$  soit accomplie par l'agent  $k$  avant le délai  $d$ . À noter que si  $k$  désigne l'émetteur, la signification de l'acte de langage est un engagement. Dans le cas général, l'effet perlocutoire secondaire est formalisé comme suit :

$$\begin{aligned} \text{SRE} = & \\ & - done_k(\alpha < d), \text{ si } n = Obg_k(\alpha < d), \\ & - \neg done_k(\alpha < d), \text{ si } n = Forb_k(\alpha < d), \\ & - true, \text{ dans les autres cas.} \end{aligned}$$

L'effet perlocutoire primaire  $D_s n$  est atteint dès lors que l'agent émetteur  $i$  a le pouvoir institutionnel approprié  $power(i, s, cond, a, D_s n)$ , que les conditions  $cond$  sont satisfaites dans la situation courante (à savoir celle résultant de l'accomplissement de l'acte de langage  $a$ ) et que l'acte de langage  $a$  vient juste d'être accompli. Formellement, c'est le cas lorsque la formule suivante est vérifiée :

$$power(i, s, cond, a, D_s n) \wedge cond \wedge done_i(a)$$

De la même façon, l'effet perlocutoire primaire  $B_j D_s n$  est atteint dès lors que la formule suivante est vérifiée :

$$B_j (power(i, s, cond, a, D_s n) \wedge cond \wedge done_i(a))$$

L'effet perlocutoire secondaire  $done_k(\alpha < d)$  est atteint dès lors que l'agent  $k$  (émetteur ou destinataire) adopte l'intention d'accomplir l'action  $\alpha$  avant le délai  $d$  et qu'il a effectivement la capacité d'accomplir  $\alpha$ . Dans cet article, nous ne formalisons pas explicitement ces conditions car l'expression formelle de la notion de capacité est à elle seule un problème dur et non trivial (voir [12]).

Remarquons que, même dans le cas d'un engagement, c'est-à-dire lorsque  $k$  désigne l'agent émetteur  $i$ , il peut arriver que les conditions pour atteindre l'effet perlocutoire ne soient pas satisfaites. Par exemple, dans le scénario de l'employé et du client, si l'acte locutoire accompli par le client consiste à signer un document officiel dans lequel il déclare qu'il paiera la facture avant la fin de la semaine, il se peut néanmoins qu'il n'ait pas réellement l'intention de payer ou qu'il n'en ait pas la capacité.

L'effet perlocutoire secondaire  $\neg done_k(\alpha < d)$  est atteint dès lors que l'agent  $k$  (émetteur ou destinataire) adopte l'intention de s'abstenir d'accomplir l'action  $\alpha$  jusqu'à expiration du délai  $d$  et qu'il a effectivement la capacité de le faire.

## 4 Comparaison avec d'autres travaux

Il y a relativement peu de littérature ayant proposé une formalisation d'actes de langage avec effets institutionnels.

Dans [11], Dignum et Weigand considèrent des actes de langage ayant pour effet de créer des obligations, des permissions et des interdictions. Leur analyse est également fondée sur les concepts de la théorie des actes de langage.

Une différence notable avec notre approche est que, dans la leur, la force illocutoire des actes de langage étudiés est directive. Une autre différence est que leurs effets perlocutoires sont atteints dès lors que l'émetteur a le pouvoir d'obliger le destinataire à accomplir une action ou que le destinataire a autorisé l'émetteur à ordonner de faire cette action. La première condition, qui lie l'émetteur et le destinataire par une relation de « pouvoir », se rapproche beaucoup de notre notion de pouvoir institutionnel. Par contre, la seconde, qui lie l'émetteur et le destinataire par une relation d'« autorisation », s'avère d'une nature assez différente et manque, selon nous, de clarté quant au statut des obligations créées : ces obligations comptent-elles pour des obligations officiellement reconnues par une institution donnée ?

Nous pouvons également noter que le pouvoir expressif de leur logique est plus limité que celui de la nôtre. Par exemple, l'acte de langage représenté par  $DIR_p(i, j, \alpha)$  dans leur formalisme est considéré dans le nôtre comme un cas particulier d'acte de langage avec effets institutionnels de la forme :  $\langle i, Declare(j, D_s Obg_j(\alpha < true), true) \rangle$ . En outre, dans leur formalisme, l'institution  $s$ , dans le cadre de laquelle les faits institutionnels sont reconnus, n'est pas spécifiée explicitement.

Dans [14], Firozabadi et Sergot introduisent l'opérateur  $Declares_i n$ , qui signifie que l'agent  $i$  déclare que  $n$  est vrai, où  $n$  est supposé représenter un fait institutionnel. Ils définissent également l'opérateur  $Pow_i n$ , qui signifie que l'agent  $i$  a le pouvoir de créer le fait institutionnel  $n$ . La

relation entre ces deux opérateurs est spécifiée par la propriété suivante :

$$[DECL] \vdash Declares_i n \wedge Pow_i n \rightarrow n$$

où  $[DECL]$  « exprime l'exercice d'un pouvoir de créer [le fait institutionnel]  $n$  par l'agent désigné par  $i$  »<sup>5</sup>. Il y a une analogie certaine entre cette propriété et la propriété suivante qui caractérise notre approche :

$$\vdash cond \wedge done_i(a) \wedge power(i, s, cond, a, n) \rightarrow D_s n$$

où  $a$  est l'acte de langage  $\langle i, Declare(j, D_s n, cond) \rangle$ .

Il y a cependant quelques différences techniques mineures. L'opérateur  $Declares_i n$  ne fait pas de référence explicite au destinataire de l'acte de langage. Et le pouvoir institutionnel  $Pow_i n$  reste indépendant du contexte (il n'y a pas de condition  $cond$  pour préciser les modalités d'exercice du pouvoir).

Une différence plus significative avec nos travaux est qu'il n'est pas fait de distinction entre ce que nous appelons les effets perlocutoires primaires et secondaires.

Dans [4], Cohen et Levesque montrent comment les performatives peuvent être utilisés comme des requêtes ou des assertions, mais ils ne considèrent pas la création de faits institutionnels.

Dans [19], Fornara, Viganò et Colombetti soutiennent que tous les actes communicatifs peuvent se spécifier en termes de déclarations. Ils définissent une syntaxe formelle pour un langage de communication agent qui repose sur les concepts de la théorie des actes de langage et des concepts d'institutions. Chaque type d'acte communicatif est spécifié par des préconditions et postconditions. Mais ces conditions diffèrent des préconditions de

<sup>5</sup>Traduction de l'anglais : « expresses the exercise of a power to create  $n$  by designated agent  $i$  ».

faisabilité et des effets perlocutoires. De plus, il n'y a pas support logique formel pour définir la sémantique de ce langage.

Dans [13], El Fallah-Segrouchni et Lemaitre analysent informellement les différents types d'interactions communicatives entre agents électroniques ou groupes d'agents électroniques qui représentent des entreprises. Cependant, la contribution formelle de leur travail se limite aux définitions formelles des obligations de faire pour des groupes d'agents.

Dans cet article, nous présentons une extension possible du standard FIPA-ACL aux actes de communication à effets institutionnels. Sous cet angle, il est intéressant de situer notre proposition, fondée sur la spécification des états mentaux des agents (dans la continuité de l'approche FIPA), par rapport aux autres courants de formalisation des langages de communication inter-agents, en particulier ceux fondés sur la notion d'« engagements sociaux », qui sont défendus par des auteurs comme Singh [32, 33], Colombetti et al. [6, 18, 19] ou Chaib-draa et Pasquier [16].

Dans [19], les auteurs écrivent : « *le principal avantage de cette approche [fondée sur les engagements sociaux] est que les engagements sont objectifs et indépendants de la structure interne de l'agent et qu'il est possible de vérifier [extérieurement] si un agent se comporte en conformité avec la sémantique définie* »<sup>6</sup>.

Remarquons que dans notre approche, les agents peuvent créer des engagements (que nous assimilons à des obligations envers soi-même) et bien d'autres formes de situations normatives comme des interdictions ou des permissions. Il est également possible de vérifier si un acte de langage à effets institutionnels a effectivement créé

la situation normative attendue. En effet, cela ne dépend que du fait que l'institution reconnaît à l'émetteur le pouvoir institutionnel correspondant, ce qui peut se vérifier objectivement au niveau de ladite institution, indépendamment de l'état mental de l'émetteur ou du destinataire.

Cependant, conformément aux approches fondées sur les états mentaux, il n'y a pas de moyen « extérieur » de vérifier, par exemple, si l'agent est sincère ou si l'intention de l'agent en accomplissant l'acte de langage était bien d'en créer l'effet rationnel. Malgré leur caractère incertain, qui est par ailleurs une caractéristique inhérente des systèmes ouverts auxquels s'intéresse l'organisme de standardisation FIPA, les actes mentaux restent néanmoins très utiles dans les perspectives de génération de plan et de reconnaissance d'intention par des agents autonomes.

## 5 Conclusion

Dans cet article, nous présentons une définition formelle générale pour les actes de langage dont les effets visent à créer des faits institutionnels. L'originalité de ce travail réside dans le fait que tous les actes de cette nature, y compris les ordres, sont considérés comme des déclaratifs. En outre, la formalisation proposée est parfaitement compatible et homogène avec celle des assertifs et des directifs déjà spécifiés dans le langage de communication inter-agent standardisé par FIPA. Les résultats présentés peuvent ainsi constituer une proposition d'extension de ce langage. Dans un autre contexte (non abordé dans le cadre de l'article), nous avons également vérifié l'applicabilité de notre approche au cas de la procédure de la Lettre de Crédit présenté dans [1].

Par la suite, sur le plan théorique, il nous faut encore examiner comment les axiomes qui spécifient la planification d'actes de langage par un agent ration-

<sup>6</sup>Traduction de l'anglais : « *the main advantage of this approach is that commitments are objective and independent of agent's internal structure, and that it is possible to verify whether an agent is behaving according to the given semantics* ».

nel doivent être adaptés pour prendre en compte ce nouveau type d'acte. Sur le plan pratique, nous envisageons de mettre en oeuvre les actes de langage à effets institutionnels et les concepts sous-jacents (notamment obligations, rôles et pouvoirs institutionnels), par exemple en s'appuyant sur la brique « JADE Semantics Add-on », disponible en open source, qui implante directement les spécifications formelles du standard FIPA-ACL [25].

## Références

- [1] G. Boella, J. Hulstijn, Y-H. Tan, and L. van der Torre. Transaction trust in normative multi agent systems. In *AAMAS Workshop on Trust in Agent Societies*, 2005.
- [2] J. Carmo and O. Pacheco. Deontic and action logics for collective agency and roles. In R. Demolombe and R. Hilpinen, editors, *Proceedings of the 5th International workshop on Deontic Logic in Computer Science*. ONERA, 2000.
- [3] B. F. Chellas. *Modal Logic : An introduction*. Cambridge University Press, 1988.
- [4] P. R. Cohen and H. Levesque. Performatives in a Rationally Based Speech Act Theory. In R. C. Berwick, editor, *Proc. of 28th Annual meeting of Association of Computational Linguistics*. Association of Computational Linguistics, 1990.
- [5] R. M. Colomb. Information systems technology grounded on institutional facts. In *Workshop on Information Systems Foundations : Constructing and Criticising*. The Australian National University, Canberra, 2004.
- [6] M. Colombetti and M. Verdicchio. An analysis of agent speech acts as institutional actions. In C. Castelfranchi and W. L. Johnson, editors, *Proceedings of the first international joint conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems*, pages 1157–1166. ACM Press, 2002.
- [7] R. Demolombe, P. Bretier, and V. Louis. Formalisation de l'obligation de faire avec délais. In *Troisièmes Journées francophones Modèles Formels de l'Interaction*, 2005.
- [8] R. Demolombe and V. Louis. Normes, Pouvoirs et Rôles : vers une formalisation en logique. In *Actes des Treizièmes Journées francophones sur les Systèmes Multiagents (JF-SMA)*, pp. 51–63, 2005.
- [9] F. Dignum. Software agents and e-business, Hype and Reality. In R. Wieringa and R. Feenstra, editors, *Enterprise Information Systems III*. Kluwer, 2002.
- [10] F. Dignum. *Advances in Agent Communication*. Springer verlag LNAI 2922, 2003.
- [11] F. Dignum and H. Weigand. Communication and Deontic Logic. In R. Wieringa and R. Feenstra, editors, *Information Systems, Correctness and Reusability*. World Scientific, 1995.
- [12] D. Elgesem. *Action Theory and Modal Logic*. PhD thesis, University of Oslo, Department of Philosophy, 1992.
- [13] A. El Fallah-Seghrouchni and C. Lemaître. A framework for social agents' interaction based on communicative action theory and dynamic deontic logic. In *Proceedings of MICA I 2002, LNAI 2313*. Springer Verlag, 2002.
- [14] B. S. Firozabadi and M. Sergot. Power and Permission in Security Systems. In B. Christianson, B. Crispo, and J. A. Malcolm, editors, *Proc. 7th International Workshop on Security Protocols*. Springer Verlag, LNCS 1796, 1999.
- [15] M. Fitting and R. L. Mendelsohn. *First-Order Modal Logic*. Kluwer, 1998.
- [16] R. Flores, P. Pasquier, and B. Chaib-draa. Conversational semantics with social commitments. In M-P. Huget R. van Eijk and F. Dignum, editors, *International Workshop on Agent Communication (AAMAS'04)*, 2004.
- [17] Foundation for Intelligent Physical Agents. FIPA Communicative Act Library Specification. Technical report, <http://www.fipa.org/specs/fipa00037/>, 2002.
- [18] N. Fornara and M. Colombetti. Defining interaction protocols using a commitment-based agent communication language. In *Proceedings of the second international joint conference on Autonomous Agents and Multi Agent Systems*, pages 520–527. ACM Press, 2003.
- [19] N. Fornara, F. Viganò, and M. Colombetti. Agent communication and institutional reality. In R. van Eijk, M. Huget, and F. Dignum, editors, *Developments in Agent Communication*. Springer Verlag LNAI 3396, 2005.
- [20] D. Harel. Dynamic logic. In D. Gabbay and F. Guenther, editors, *Handbook of Philosophical Logic*, volume 2. Reidel, 1984.
- [21] A. J. Jones and M. Sergot. A formal characterisation of institutionalised power. *Journal of the Interest Group in Pure and Applied Logics*, 4(3), 1996.

- [22] S. O. Kimbrough and S. A. Moore. On automated message processing in Electronic Commerce and Work Support Systems : Speech Act Theory and Expressive Felicity. *ACM Transactions on Information Systems*, 15(4), 1997.
- [23] S. O. Kimbrough and Y-H. Tan. On lean messaging with unfolding and unwrapping for Electronic Commerce. *International Journal of Electronic Commerce*, 5(1), 2000.
- [24] V. Louis. *Conception et mise en oeuvre de modèles formels du calcul et du suivi de plans d'actions complexes par un agent rationnel dialoguant*. PhD thesis, Université de Caen, France, 2002.
- [25] V. Louis and T. Martinez. *Un cadre d'interprétation de la sémantique de FIPA-ACL dans JADE*. In *Actes des Treizièmes Journées francophones sur les Systèmes Multiagents (JF-SMA)*, pp. 101–113, 2005.
- [26] J. McCarthy. Free will - even for robots. *Journal of Experimental and Theoretical Artificial Intelligence*, (to appear).
- [27] Routledge Encyclopedia of Philosophy Online (version 2.0), consultable sur le web à : <http://www.rep.routledge.com>
- [28] D. Sadek. A study in the logic of intention. In *Proc. of the 3rd Conference on Principles of Knowledge Representation and Reasoning (KR'92)*, 1992.
- [29] J. R. Searle. *Speech Acts : An essay in the philosophy of language*. Cambridge University Press, New-York, 1969.
- [30] J. R. Searle and D. Vanderveken. *Foundations of Illocutionary Logic*. Cambridge University Press, Cambridge, 1984.
- [31] K. Segerberg. Some Meinong/Chisholm thesis. In K. Segerberg and K. Sliwinski, editors, *Logic, Law, Morality. A festrichjt in honor of Lennart Aqvist*, volume 51, pages 67–77. Uppsala Philosophical Studies, 2003.
- [32] M. P. Singh. Social and psychological commitments in multiagent systems. In *AAAI Fall Symposium on Knowledge and Action at Social and Organizational Levels*, 1991.
- [33] M. P. Singh. A social semantics for agent communication languages. In F. Dignum and M. Greaves, editors, *Issues in Agent Communication*, pages 31–45. Springer Verlag, 2000.