

# Un méta-modèle pour représenter les normes dans un contexte multi-institutionnel territorialisé

J.-P. Müller<sup>a</sup>  
jean-pierre.muller@cirad.fr

S. Raharivelo<sup>b</sup>  
sitrika\_oliva@yahoo.fr

<sup>a</sup> UPR GREEN  
CIRAD, Montpellier, France

<sup>b</sup>Département de Mathématiques et Informatique,  
Université d'Antananarivo, Madagascar

## Résumé

*Dans un contexte de gestion des ressources où il existe une multiplicité de systèmes de régulation coutumiers et modernes, l'enjeu est de rendre compte des normes auxquelles les acteurs sont soumis. Pour cela, les systèmes multi-agents institutionnels constituent un outil de modélisation privilégié mais dont l'expressivité des ontologies et des normes reste limitée. Nous proposons une formalisation intégrant rôles, temps et espace sous la forme d'un méta-modèle permettant de mettre à disposition un langage textuel dédié à travers une approche d'ingénierie dirigée par les modèles. L'intérêt est de mettre à disposition un outil permettant d'évaluer facilement les conséquences des choix normatifs.*

**Mots-clés :** *institution, organisation, norme, méta-modèle*

## Abstract

*In a context of resource management where there is a multiplicity of customary and modern regulation systems, the issue is to account for the norms applicable to an actor. For that, the institutional multi-agent systems are an adequate modeling tool but whose ontological and normative expressivity remains limited. We propose a formalization integrating roles, time and space as a meta-model allowing to deliver a dedicated textual language using model-driven engineering. The interest is to deliver a tool allowing to*

*easily assess the consequences of normative choices.*

**Keywords:** *institution, organization, norm, meta-model*

## 1 Introduction

### 1.1 Contexte et problématique

Madagascar est un des pays dont la majorité de la population repose sur les ressources naturelles pour survivre, alors que la biodiversité endémique est unique au monde. Le défi principal est de trouver un équilibre entre exploitation et conservation des ressources naturelles permettant un développement durable (donc écosystémique, économique et social) des populations locales. Ce défi doit être relevé dans un contexte de pluralisme juridique incluant les traditions locales et les lois modernes. Dans ce contexte, comprendre comment ces mécanismes existants (tradition, administration forestière, lois environnementales, etc.) ou futurs (p. ex. les paiements des services environnementaux) s'imbriquent et comment les populations y répondent est de la plus haute importance pour conseiller les porteurs d'initiatives locales et les décideurs politiques. Pour ce faire, nous utilisons les Systèmes Multi-Agents (SMA) pour modéliser à la fois les dynamiques biophysiques et sociales [1]. Ces dernières doivent reproduire les

comportements des acteurs soumis à une multiplicité de systèmes de régulations qui permettent ou restreignent leurs activités sur les différentes ressources dans le temps et dans l'espace puisque la gestion est, en général, territorialisée.

### 1.1 Modéliser avec les SMA

Les SMA nous fournissent de nombreux concepts et outils permettant d'aborder cette question. Les SMA normatifs permettent de représenter les régulations en proposant diverses formalisations des normes [2] et la manière dont elles peuvent être prises en compte par les agents [3]. Les SMA organisationnels permettent de représenter les structures sociales en introduisant la notion de groupes dans lesquels les agents jouent différents rôles [4]. Les SMA institutionnels [5][6] permettent de représenter les systèmes de régulations en fusionnant ces deux approches, associant les normes aux rôles et aux groupes. La plupart de ces systèmes sont davantage dédiés à la conception de systèmes logiciels qu'à la modélisation de systèmes sociaux, à l'exception de travaux comme ceux de [7] qui utilisent explicitement les concepts d'Ostrom [8], à savoir une acception particulière des institutions, organisations et normes.

Si certaines formalisations des normes prennent en compte le temps, elles ne prennent pas en compte l'espace et elles ne sont pas suffisamment expressives pour expliciter les notions de rôle, de temps et d'espace. L'objectif de ce travail est donc d'intégrer ces notions dans une nouvelle formalisation des institutions, des organisations et des normes. Cette formalisation servira à implémenter un outil permettant de décrire facilement la multiplicité des systèmes régulations et de calculer en fonction de la situation temporelle, spatiale et sociale d'un acteur les normes qui s'appliquent sur lui et donc les conséquences des choix normatifs.

### 1.2 La mise en œuvre

Pour ce faire, nous avons décidé de définir un Langage Spécifique au Domaine (DSL en anglais), à savoir une syntaxe textuelle qui permet de décrire les éléments ci-dessus. Pour cela, nous avons mis en œuvre une approche d'Ingénierie Dirigée par les Modèles (IDM) [9] qui consiste à définir les concepts à mettre en œuvre sous la forme d'un méta-modèle source, appelé aussi syntaxe abstraite, indépendant de toute plateforme existante. Cette approche a déjà été défendue dans [10]. On peut ensuite définir une syntaxe concrète sous la forme soit d'une grammaire pour une syntaxe concrète textuelle, soit d'une représentation graphique. Des outils existent pour engendrer automatiquement un éditeur textuel à partir de la grammaire (par exemple XText<sup>1</sup>), respectivement un éditeur graphique dédié (par exemple SIRIUS<sup>2</sup>). Cette approche se complète par la définition de la sémantique de la syntaxe abstraite sur un domaine de discours (Fig. 0). Finalement, en se munissant du méta-modèle de la plateforme cible, il est possible de définir des règles de transformations des modèles sources (dits conformes au méta-modèle source) dans des modèles cibles (dits conformes au méta-modèle de la plateforme cible). Nous ne traiterons pas de cet aspect dans ce papier pour nous concentrer sur la définition du méta-modèle, de sa syntaxe concrète et de l'esquisse de sa sémantique.

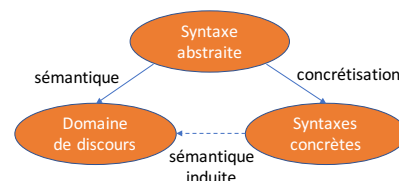


FIG. 0 – Le triangle d'un DSL.

Nous allons donc introduire le méta-modèle que nous proposons, avant d'en esquisser sa syntaxe textuelle, puis de conclure.

<sup>1</sup> <https://eclipse.org/Xtext/>

<sup>2</sup> <http://www.eclipse.org/sirius/>

## 2 Le méta-modèle

Suivant Ostrom [8], une *organisation* est un ensemble d'individus qui partagent une ontologie, c'est-à-dire une façon de parler des choses, y compris d'eux-mêmes, et des normes, c'est-à-dire des façons d'agir. Mais cette ontologie et cet ensemble de normes peuvent être décrits indépendamment des individus qui les partagent. Nous appellerons *institution* la description de cette ontologie et de ces normes et donc une organisation devient un ensemble d'individus qui partagent une institution.

### 2.1 Les ontologies

Pour décrire une ontologie dans un contexte où plusieurs langues coexistent, il nous a paru indispensable de distinguer les concepts de la terminologie, en nous inspirant de SKOS<sup>3</sup>. Ce n'est pas spécifique aux poly-linguisme dans la mesure où la polysémie résulte d'un usage contextuel des mots. C'est pourquoi nous avons introduit la notion de *contexte* comme un ensemble de noms (Fig. 1 à droite) avec possibilité d'importation d'autres contextes. Etant donné que les ontologies vont parler, entre autres, de ressources, d'actions, d'acteurs, d'espace et de temps, nous introduisons la notion de *méta-concept* pour catégoriser les concepts selon ces dimensions. Pour le reste, nous utilisons les définitions classiques issues des logiques descriptives : un ensemble d'assertions défini sur un ensemble de concepts atomiques [11]. Ainsi une *institution* est une forme de contexte (pour la terminologie) constituée de méta-concepts, de concepts atomiques, d'assertions et de normes (figure 1). Les méta-concepts et les concepts atomiques ont des noms qui sont donc contextualisés. En conséquence, un même concept/méta-concept peut avoir des noms différents dans des contextes différents et inversement un même nom peut désigner des concepts différents dans des contextes différents. Cette propriété est essentielle pour

rendre compte de la relativité des points de vue.

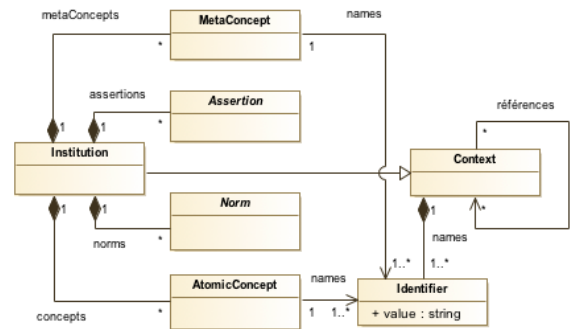


FIG. 1 – La structure d'une institution

La Fig. 2 montre que la notion de *nom* ne se limite pas à un *identifiant* mais a été généralisée à la notion de *mesure* qui est un nom pour la valeur d'une dimension d'un objet, différent selon l'unité choisie. Plus de détails sur ce dernier point peuvent être trouvés dans [12].

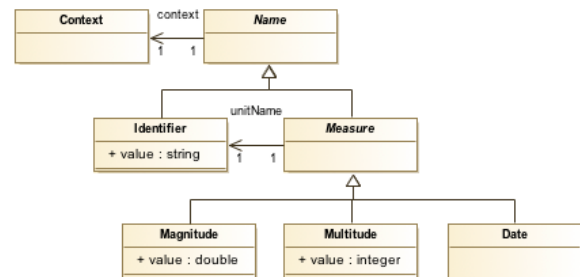


FIG. 2 – La notion de nom

La Fig. 3 montre la notion de concept. Un *concept* est l'idée que l'on se fait de quelque chose. Cette chose peut être un objet particulier : le concept individuel, ou un ensemble d'objet : le concept catégoriel. Les logiques de description définissent récursivement les concepts catégoriels comme des concepts atomiques (p. ex. « bleu » pour l'ensemble des objets qui sont bleus ou « voiture » pour l'ensemble des objets qui sont des voitures, etc.), le complément (l'ensemble des objets qui ne sont pas bleus), la composition (l'ensemble des objets qui sont bleus et voitures, ou qui sont bleus ou voitures), et les relations (l'ensemble des objets ayant une certaine relation avec au moins une voiture, toutes les voitures ou un

<sup>3</sup> <https://www.w3.org/2004/02/skos/>

certain nombre de voitures). Nous y ajoutons les énumérations (p. ex. l'ensemble  $\{c\grave{a}eur, pique, carreau, tr\grave{e}fle\}$  où chacun de ces mots est le nom d'un concept individuel) et les fonctions. Nous considérons également la relation « être partie de » comme ayant un statut particulier. A noter que la figure 2 constitue une véritable syntaxe de toutes les façons possibles de décrire des concepts à partir d'autres concepts sans introduire de notations, d'où sa désignation de syntaxe abstraite.

La sémantique de cette syntaxe abstraite est définie sur un domaine de discours  $D$  qui est l'ensemble des objets dont on veut parler. Ainsi un concept individuel dénote un objet de  $D$ . Un concept catégoriel dénote un sous-ensemble de  $D$ . L'union, l'intersection et le complément d'un concept prennent leur sens ensembliste usuel. Les relations sont définies sur  $D \times D$ .

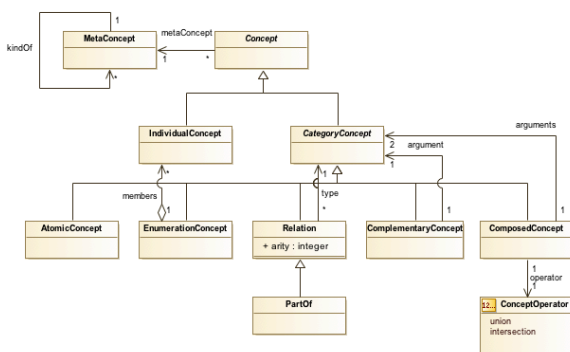


FIG. 3 – La notion de concept

La notion de méta-concept permet d'introduire un partitionnement de  $D$ . En particulier, en introduisant les méta-concepts d'acteur, de temps et d'espace, on introduit les acteurs  $D_{acteur} \subseteq D$ , les objets temporels  $D_{temps} \subseteq D$ , et les objets spatiaux  $D_{espace} \subseteq D$ . Pour les acteurs, les concepts de fermier, de président ou de citoyen vont désigner l'ensemble des acteurs qui sont fermiers, présidents ou citoyens respectivement. Les concepts d'une institution dont le méta-concept est « acteur », deviennent donc l'équivalent des rôles considérés dans cette institution. On est donc citoyen d'une institution étatique, et donc de l'organisation correspondant au pays dont on est citoyen. De

même pour les objets temporels, lundi pourra être l'ensemble des jours qui sont un lundi, la présidence de Ravalomanana (dans le cas de Madagascar) l'intervalle de temps où Ravalomanana a été président, etc. On peut indifféremment considérer que  $D_{temps}$  est un ensemble d'intervalles ou un ensemble d'instant mais nous choisirons la première option dans la suite. Finalement, nous faisons de même pour les objets spatiaux et donc Antananarivo est un concept qui désignera l'extension administrative de la ville, ou l'ensemble des lieux qui sont dans son périmètre. Là aussi, on peut choisir de faire reposer la sémantique sur un ensemble de points ou un ensemble de polygone (ou de volumes en 3D). A noter que le même mot « Antananarivo » pourra dénoter son extension spatiale si le méta-concept est « espace », son extension temporelle (l'intervalle temporel de son existence) si le méta-concept est « temps », et l'autorité de la ville si le méta-concept est « acteur » permettant de donner sens à une phrase du genre « Antananarivo a décidé d'améliorer son infrastructure ».

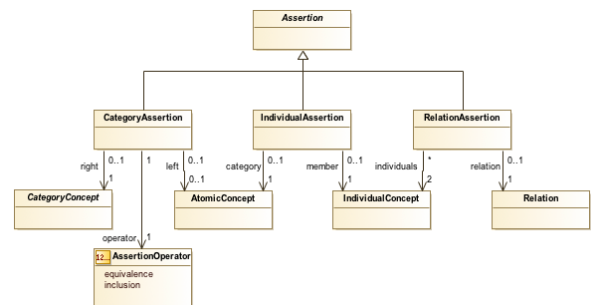


FIG. 4 – La notion d'assertion

Finalement en logique de description, une *assertion* est une définition qui peut être de quatre types (Fig. 4) : 1) l'identité entre concepts (individuels ou catégoriels : *couleur* est identique à  $\{c\grave{a}eur, pique, carreau, tr\grave{e}fle\}$ ); 2) l'inclusion entre concepts catégoriels (l'ensemble des 4x4 est inclus dans l'ensemble des voitures); 3) l'appartenance d'un individu à une catégorie (bibi est une voiture); 4) l'existence d'une relation entre deux individus (la voiture est à côté d'un trottoir). En logique de description, les deux premiers types font partie de la « T-

Box » ou boîte terminologique et correspondent à des définitions, et les deux derniers types font partie de la « A-Box » ou boîte d’assertions, et correspondent à des faits.

## 2.2 Les normes régulatrices

Pour la notion de normes, nous distinguons les normes régulatrices sur les comportements, des normes constitutives sur les discours. En ce qui concerne les *normes régulatrices*, nous sommes partis d’Ostrom [8] qui propose la structure ADICO, elle-même reprise par [7]. ADICO sont les initiales de : *Attributes* pour désigner le rôle de l’agent sur lequel la norme s’applique ; *Deontic* pour désigner la modalité d’obligation, interdiction ou permission ; *alm* pour désigner ce qui est obligé/interdit/permis à savoir un état de fait ou une action ; *Condition* pour désigner la condition sous laquelle la norme s’applique ; et *Otherwise* pour la sanction.

Toutes les composantes n’ont pas besoin d’être spécifiées, ainsi distingue-t-on entre : la *stratégie partagée* (AI(C)) qui explicite ce que tout le monde fait sans y être explicitement obligé ou autorisé, la *norme sociale* (ADI(C)) pour laquelle un sentiment d’obligation, d’interdiction ou d’autorisation est explicite, et la *règle* (ADI(C)O) lorsque la norme sociale est assortie d’une sanction. Nous avons à chaque fois mis le C entre parenthèses puisqu’il est toujours facultatif. Ces définitions sont représentées par la Fig. 5 dans laquelle les notions d’« AgentConcept » et d’« ActionConcept » sont des concepts dont les méta-concepts sont « agent » et « action » respectivement.

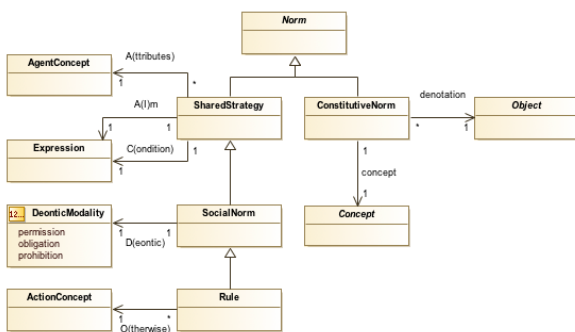


FIG. 5 – La notion de norme

## 2.3 Les normes constitutives

Finalement, Searle [13] a introduit la notion de norme constitutive. Une organisation, et donc l’institution qui la décrit, ne définit pas seulement ce que l’on doit faire ou ne pas faire, mais également comment les choses doivent être distinguées (et donc conceptualisées et nommées). Ainsi, une *norme constitutive* définit quel ou quels objets sont désignés ou catégorisés par quel concept, par exemple ce qui est bon ou ce qui est mauvais, ce qui est mangeable ou pas, etc. Ces normes constitutives sont définies au niveau d’une institution si la définition du concept est partagée par l’ensemble des organisations. Sinon, comme nous le verrons elles seront définies dans l’organisation. Il reste le problème de leur représentation effective. Searle fait appel à l’existence d’une représentation objective (les faits bruts) dont les concepts sont des interprétations socialement construites. On définit ainsi la relation « compte comme » (count-as) entre les faits bruts et les faits sociaux. C’est l’option qui est prise dans la plupart des implémentations [14]. Si on réfute qu’il y ait des faits plus objectifs que d’autres, il y a deux pistes possibles. Selon la première piste, dans un modèle de simulation, l’ensemble des choses dont on parle sont, in fine, des structures de données concrètes. Par exemple une action va être codée par une classe ou une méthode informatique qui va « compter comme » une certaine action dans une institution donnée, et éventuellement une autre action dans une institution différente. Selon la seconde piste et si aucune institution n’est plus objective qu’une autre, alors les normes constitutives se réduisent à une simple équivalence de concepts entre deux institutions et donc les assertions des logiques descriptives suffisent à l’usage sous deux conditions : 1) de l’étendre à la possibilité de référencer des concepts de deux institutions différentes ; 2) d’introduire une institution contenant les objets informatiques ainsi que

les noms pour les nommer (p. ex. les URLs). Pour le moment, nous avons choisi la première piste d'où la définition dans la Fig. 5 d'une norme constitutive comme une relation entre un concept (institutionnel) et un objet (informatique).

## 2.4 Les expressions

Les expressions sont soit des conditions à tester (C), soit des conditions à établir (I). Ce sont des formules logiques auxquelles il a été ajouté : les actions pour le fait qu'une action s'exécute (ou doit s'exécuter), les expressions temporelles comme c'est souvent le cas [ref !], et les expressions spatiales ce qui est nouveau. La fig. 6 montre la syntaxe abstraite d'une expression. Dans la suite, nous allons uniquement nous intéresser à son usage comme condition. Il faut donc définir sa sémantique qui détermine quand l'expression est vraie ou fausse.

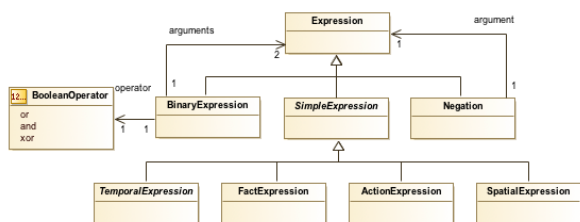


FIG. 6 – La notion d'expression

La sémantique d'une expression est déterminée relativement à l'organisation dans laquelle cette expression est définie, ainsi qu'à un temps et à un lieu. L'organisation définit deux éléments : 1) le domaine de discours, c'est-à-dire l'ensemble des objets dont parle l'organisation (c'est-à-dire qui sont connus d'elle) (voir §2.5) ; 2) la sémantique des concepts, c'est-à-dire de quels objets du domaine de discours parlent les concepts à travers les normes constitutives. Puisque nous avons introduit une partition de ce domaine de discours, nous distinguons donc une structure temporelle et une structure spatiale.

La structure temporelle est faite d'intervalles de temps munis des relations juste-avant et juste-après (donc les intervalles se touchent dans un ordre ou un autre). Les logiques

temporelles usuelles reposent sur la sémantique des mondes possibles, c'est-à-dire un ensemble de mondes possibles munis de relations juste-avant/juste-après et/ou leur clôture transitive. La structure temporelle choisie permet donc de reconstruire facilement ces relations en associant à chaque intervalle un monde possible, c'est-à-dire une attribution de vrai ou faux aux énoncés sans opérateurs temporels. Les concepts temporels ont donc comme sémantique un ou un ensemble d'intervalles. Par exemple, le concept lundi est l'ensemble des intervalles qui sont le lundi. A noter qu'il y a une question de granularité : est-ce que le lundi est un seul intervalle ou plusieurs intervalles. En fait, on supposera que les intervalles constituent la partition la plus grossière qui permet de rendre compte de l'ensemble des concepts temporels par union des intervalles. Donc si l'intervalle minimal nécessaire est la journée, un lundi dénotera un seul intervalle, si c'est de l'ordre de l'heure, un lundi dénotera un ensemble de 24 intervalles (et donc lundi, l'union de tous les ensemble de 24 intervalles qui sont le lundi). Finalement, la sémantique d'une expression dépendra du choix d'un intervalle particulier que nous appellerons *maintenant*. Ainsi vérifier si une expression est vraie correspond à savoir si l'expression est vraie *maintenant*. La sémantique des expressions temporelles unaires s'en déduit facilement (Fig. 7 à gauche) :

- *next P* est vrai si *P* est vrai dans l'intervalle immédiatement après *maintenant* ;
- *previous P* est vrai si *P* est vrai dans l'intervalle immédiatement avant *maintenant* ;
- *sometimes P* est vrai si *P* est vrai dans au moins un des intervalles après *maintenant* ;
- *always P* est vrai si *P* est vrai dans tous les intervalles après *maintenant* ;
- etc.

Une expression temporelle simple (Fig. 7 au centre) est juste un concept temporel qui est

vrai si *maintenant* est dans l'ensemble des intervalles qu'elle dénote.

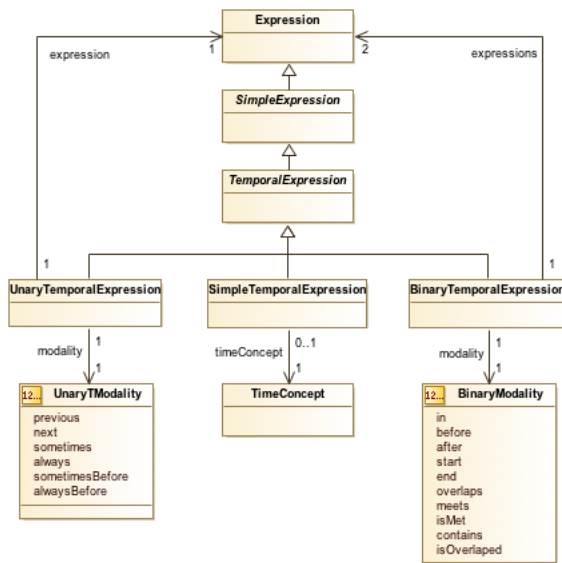


FIG. 7 – Les expressions temporelles

Une expression temporelle binaire (Fig. 7 à droite) permet de tester des conctions temporelles à partir des relations de l'algèbre de Allen [15]. Finalement, une expression quelconque est vraie si elle est vraie dans le monde possible qui correspond à *maintenant*. Nous avons donc créer la possiblité de parler à la fois sur le temps (les concepts temporels) et dans le temps (la sémantique relative à *maintenant*). Ainsi vérifier si une expression est vraie consiste à savoir si l'expression est vraie *maintenant*.

structure topologique la plus élémentaire. On peut imaginer un lieu comme un patatoïde en 2 ou 3 dimensions qui est accolé à d'autres lieux. A une seule dimension, on retrouve la structure d'intervalles. La sémantique spatiale est similaire à celle du temps. En ce qui concerne la granularité, la France peut dénoter un seul lieu, ou un ensemble de lieux correspondant aux départements ou aux communes ou à n'importe quelle subdivision spatiale permettant de rendre compte de l'ensemble des concepts spatiaux invoqués dans l'organisation correspondante. Finalement, la sémantique d'une expression dépendra non seulement du choix d'un intervalle appelé *maintenant*, mais aussi d'un lieu appelé *ici*. La sémantique des expressions spatiales unaires s'en déduit de la même façon que pour le temps (Fig. 8 à gauche) :

- *close P* est vrai si *P* est vrai dans au moins un des lieux connectés directement à *ici* ;
- *around P* est vrai si *P* est vrai dans tous les lieux connectés directement à *ici* ;
- *somewhere P* est vrai si *P* est vrai dans au moins un des lieux connectés directement ou indirectement à *ici* ;
- *everywhere P* est vrai si *P* est vrai dans tous les lieux connectés directement ou indirectement à *ici* ;

Une expression spatiale simple (Fig. 8 au centre) est juste un concept spatial qui est vrai si *ici* est dans l'ensemble des lieux qu'elle dénote.

Les expressions spatiales binaires permettent de tester des relations entre concepts spatiaux et devraient reproduire l'équivalent spatial de l'algèbre de Allen. Cet algèbre est à peine esquissée ici et reste encore à définir complètement. Finalement, une expression quelconque est vraie si elle est vraie dans le monde possible qui correspond à *ici* et *maintenant*. Nous avons donc créé la possiblité de parler à la fois sur l'espace (les concepts spatiaux) et dans l'espace (la sémantique relative à *ici*). Ainsi vérifier si une expression est vraie consiste à savoir si l'expression est vraie *ici* et *maintenant*.

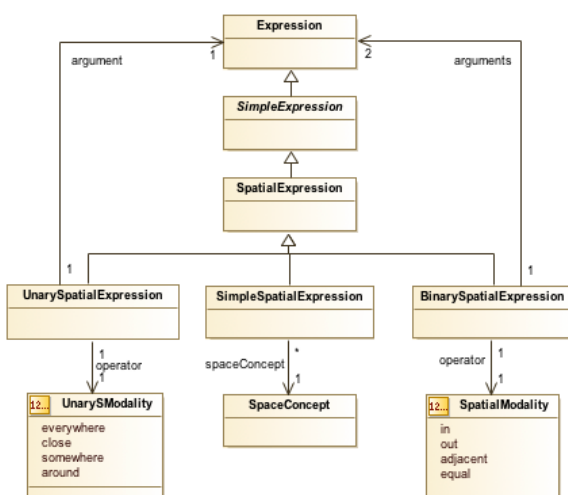


FIG. 8 – Les expressions spatiales

La structure spatiale est faite de lieux munis de la relation de connection [16] qui est la

## 2.5 Les organisations

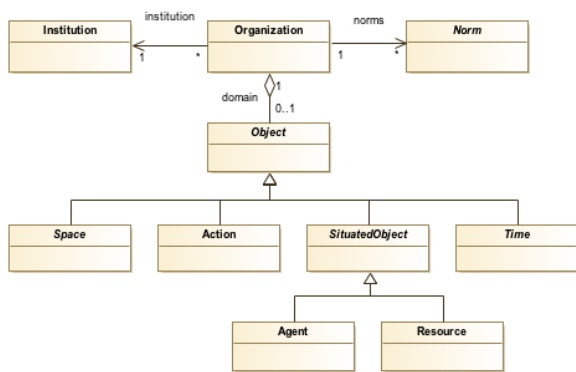


FIG. 9 – Les organisations

Une organisation met en œuvre une institution et une seule et définit quels objets font partie de son domaine de discours (Fig. 9). On considère en général qu’une organisation est l’ensemble des agents qui jouent des rôles dans l’organisation. Ici l’attribution des rôles aux agents est faite par les normes constitutives. Celles-ci permettent d’exprimer qu’un agent « compte comme » un rôle donné dans ce groupe. Si on prend l’exemple du football, il s’agit de dire qui est le gardien de but, qui est le (ou les) buteur(s), etc. Mais ça ne suffit pas, l’organisation qu’est une équipe de football a aussi besoin d’un terrain et donc de définir quel objet spatial « compte comme » le terrain, d’un but, d’un ballon, etc. C’est pourquoi une organisation définit son domaine de discours et l’ensemble des normes constitutives qui permettent d’instancier l’ensemble des concepts non encore instanciés par les institutions. Un contrat est le cas particulier d’une organisation dans laquelle on définit à la fois les concepts et les normes (par exemple, qu’est-ce qu’un client doit attendre du prestataire de service) et qui est le prestataire de service et le client. Par exemple, la société MACHIN ci-après nommée « le prestataire de service », et Monsieur Untel ci-après nommé « le client », qui sont explicitement deux normes constitutives.

En plus de ça, une organisation peut très bien définir ses propres concepts et règles dans la mesure où elles sont consistantes (ou pas ?) avec les concepts et normes de l’institution qu’elle met en œuvre. Ainsi une organisation

peut très bien ajouter ses propres règles du jeu en sus de celles généralement admises.

Finalement, les agents et les ressources sont à la fois des objets dont on parle et des objets situés dans l’espace et dans le temps. Notamment la situation des agents dans l’espace, le temps (voir §2.4) et les organisations dont ils participent (voir §2.6) fournit le contexte qui va donner sens aux conditions des normes.

## 2.6 Les agents

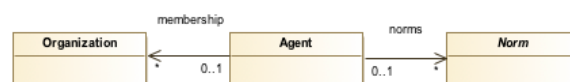


FIG. 10 – Les agents

Un agent est défini exclusivement par l’ensemble des organisations dont il est membre (Fig. 10). Si un agent est membre d’une organisation, il fait automatiquement partie du domaine de discours de cette organisation mais l’inverse n’est pas vrai. Une organisation peut très bien avoir un discours sur un agent sans qu’un agent « se sente » membre de celle-ci. Le fait d’être membre va faire que l’agent va se soumettre autant que faire se peut aux normes de cette organisation ainsi qu’aux normes de l’institution que l’organisation met en œuvre. En particulier, toutes les obligations liées au(x) rôle(s) qu’il assume s’impose(nt) à lui et deviennent ses buts. Par exemple, le fait d’être chef de famille oblige de subvenir aux besoins du foyer. Néanmoins, la multi-appartenance peut amener à des obligations contradictoires qui forceront l’agent à violer des normes. Dans notre travail, nous nous arrêtons à l’énumération des normes qui s’imposent à lui de par sa situation temporelle, spatiale et sociale, c’est-à-dire les organisations dont il est membre.

Finalement, un agent pourrait très bien définir ses propres concepts et règles dans la mesure où elles sont consistantes (ou pas ?) avec les concepts et normes des organisations auxquelles il participe. Ainsi un agent peut très bien ajouter ses propres règles du jeu et donc ses propres obligations mais nous



n'exploitons pas ici cette possibilité.

### 3 La syntaxe concrète

Il est possible à partir de la syntaxe abstraite d'engendrer automatiquement les classes et les constructeurs qui permettent de créer des modèles conformes au méta-modèle, et donc d'engendrer des institutions avec leurs concepts et leurs normes, des organisations, etc. Mais il est plus commode de le faire soit par une interface graphique, mais créer l'arbre d'une expression de cette façon n'est pas très pratique, soit en créant un langage textuel dont l'analyse syntaxique créera automatiquement les structures de données correspondantes. C'est cette dernière solution que nous avons utilisée, et nous avons donc défini une syntaxe concrète textuelle en utilisant XText. XText permet d'importer une syntaxe abstraite définie en Ecore (ou même d'engendrer automatiquement une grammaire à partir du méta-modèle) et de définir une grammaire en utilisant une sorte d'EBNF (Extended Backus-Naur Form) annotée pour définir les correspondances avec les structures de données. Ainsi la règle EBNF suivante permet de définir la syntaxe pour définir une institution :

```
<institution> ::= 'institution' <identifiant> '{'  
                [<references>]  
                [<imports>]  
                [<meta-concepts>]  
                [<atomic-concepts>]  
                [<individual-concepts>]  
                [<assertions>]  
                [<norms>]  
                '}'
```

Cette règle, avec quelques autres, nous permet, par exemple, de définir l'institution suivante :

```
institution football {  
  references sport ;  
  meta {acteur, espace, ressource}  
  concepts {buteur : acteur,  
            attaquant : acteur,  
            défenseur : acteur,  
            ballon : ressource,  
            but : ressource,  
            terrain : espace }  
  assertions {  
    joueur = buteur U attaquant U  
              défenseur ;  
    ...  
  }  
  norms {  
    ...  
  }  
}
```

On peut utiliser un concept défini dans

n'importe quelle institution en le préfixant. Par exemple, « football:buteur » désigne le concept de buteur tel que défini dans l'institution « football ». La différence entre la référence (« references ») ou l'importation (« imports ») d'une institution (et d'un contexte en général) est que dans le premier cas on peut utiliser le nom du concept sans le préfixer s'il n'y a pas de conflit de nom, et que dans le second cas, on crée un nouveau concept de même nom à partir de chaque concept défini dans l'institution importée et on les déclare équivalents. Deux concepts équivalents dénotent les mêmes objets (on suppose donc qu'ils parlent des mêmes choses) mais ils n'entretiennent pas forcément les mêmes relations avec d'autres concepts (chaque institution n'en parle pas de la même façon). Le contexte suivant est référencé par défaut car la sémantique de l'ensemble repose sur ces distinctions :

```
context default {  
  meta {actor, resource, time,  
        space, action}  
}
```

La place disponible ne nous permet d'en décrire plus mais la syntaxe usuelle a été utilisée partout où c'était possible.

### 4 Conclusion

L'objectif est de mettre à disposition un outil permettant de décrire facilement les institutions, organisations et normes et de calculer en fonction de la situation temporelle, spatiale et sociale d'un acteur quelles sont les normes qui s'appliquent à lui. Nous avons présenté un langage spécifique au domaine (DSL en anglais), permettant de décrire ces différentes notions. Pour cela, nous avons présenté un méta-modèle permettant de faire la synthèse de toutes les notions nécessaires pour atteindre notre objectif. Cette synthèse a nécessité de faire des choix sur la sémantique des différentes notions nécessaires, de les situer et de les argumenter par rapport à la littérature. Par ailleurs, nous avons dû ajouter le raisonnement spatial pour pouvoir traiter de notre objet, à savoir la gestion territorialisée.

Le méta-modèle, vu comme une syntaxe abstraite, a ensuite été utilisé pour définir un langage textuel de création des institutions, organisations, normes, etc. dont nous avons esquissé quelques éléments.

L'étape suivante est de mettre en œuvre la vérification des conditions des normes afin de permettre aux utilisateurs de visualiser les conséquences de leur choix normatifs sur les possibilités d'actions offertes aux acteurs en fonction des lieux, des périodes et de leur contexte social, c'est-à-dire des organisations auxquelles ils appartiennent.

Pour mettre en œuvre un SMA, chaque agent aura ainsi le répertoire de ses obligations, interdictions et permissions en chaque lieu et à chaque moment. Il restera à exploiter ce répertoire pour planifier les activités. Une première version a déjà été décrite dans [1]. Il s'agit maintenant d'utiliser le présent travail pour généraliser le raisonnement sur les normes.

## Remerciements

Cette recherche a été soutenue par une Bourse du Gouvernement Français (BGF) et a bénéficié d'une lecture attentive d'Analia Levenson.

## Références

- [1] S. Aubert et J. P. Müller, « Incorporating institutions, norms and territories in a generic model to simulate the management of renewable resources », *Artificial Intelligence and Law*, vol. 21, p. 47-48, 2013.
- [2] G. Boella, L. Torre, et H. Verhagen, « Introduction to normative multiagent systems », *Computational and Mathematical Organization Theory*, vol. 12, n° 2-3, p. 71-79, oct. 2006.
- [3] F. L. y Lopez, M. Luck, et M. d'Inverno, « A normative framework for agent-based systems », *Computational and Mathematical Organization Theory*, vol. 12, n° 2-3, p. 227-250, oct. 2006.
- [4] J. Ferber et O. Gutknecht, « A meta-model for the analysis and design of organizations in multi-agent systems », in *International Conference on Multi-Agent Systems*, 1998, p. 128-135.
- [5] J.-P. Müller et S. Aubert, « Formaliser les rôles et les territoires par les systèmes multi-agents institutionnels. », in *Systèmes multi-agents : ouverture, autonomie et co-évolution*, Honfleur, France, 2012, p. 13-22.
- [6] H. Aldewereld, F. Dignum, et A. García-Camino, « Operationalisation of Norms for Electronic Institutions », *Idots*, 2007.
- [7] A. Ghorbani, « Structuring socio-technical complexity. Modeling agent systems using institutional analysis », Technische Universiteit Delft, Thèse 61, 2013.
- [8] S. E. S. Crawford et E. Ostrom, « A Grammar of Institutions », *The American Political Science Review*, vol. 89, n° 3, p. 582-600, sept. 1995.
- [9] J. Bézin, « Model Driven Engineering: An Emerging Technical Space », in *Generative and Transformational Techniques in Software Engineering: International Summer School, GTTSE 2005, Braga, Portugal, July 4-8, 2005. Revised Papers*, R. Lämmel, J. Saraiva, et J. Visser, Éd. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2006, p. 36-64.
- [10] G. Kardas, « Model-driven development of multiagent systems: a survey and evaluation », *The Knowledge Engineering Review*, vol. 28, n° 4, p. 479-503, 2013.
- [11] F. Baader, I. Horrocks, et U. Sattler, « Description Logics », in *Handbook of Knowledge Representation*, F. van Harmelen, V. Lifschitz, et B. Porter, Éd. Elsevier B.V., 2008, p. 135-179.
- [12] J.-P. Müller, « What a number means? a matter of context », présenté à CONTEXT'15, Larnaca, 2015.
- [13] J. Searle, *The construction of social reality*, Simon and Schuster. 1995.
- [14] D. Grossi, J.-J. Meyer, et F. Dignum, « The many faces of counts-as: A formal analysis of constitutive rules », *Journal of Applied Logic*, vol. 6, n° 2, p. 192-217, juin 2008.
- [15] J. F. Allen, « Maintaining knowledge about temporal intervals », *Communications of the ACM*, vol. 26, n° 11, p. 832-843, 1983.
- [16] R. Casati et A. Varzi, *Parts and Places*. MIT Press, 1999.

