
MOISE : Un modèle organisationnel pour la conception de systèmes multi-agents

**Mahdi HANNOUN⁽¹⁾, Olivier BOISSIER⁽¹⁾, Jaime Simão SICHMAN⁽²⁾
et Claudette SAYETTAT⁽¹⁾**

⁽¹⁾ *Département Systèmes Industriels Coopératifs, SIMADE, École Nationale Supérieure des Mines, 158 cours Fauriel, 42023 Saint-Étienne, France
e-mail : {Mahdi.Hannoun, Olivier.Boissier, Claudette.Sayettat} @emse.fr
tél : +33 4-77-42-66-38/14, Fax : +33 4-77-42-66-66*

⁽²⁾ *Laboratório de Técnicas Inteligentes, Dept. Engenharia de Computação e Sistemas Digitais, Universidade de São Paulo, Av. Prof. Luciano Gualberto, 158, tv. 3, 05508-900, São Paulo, SP, Brasil
e-mail : jaime@pcs.usp.br
tél : +55 11 818-5397, Fax : +55 11 818-5294*

RESUME : Dans le cadre de cet article, nous présentons une approche pour modéliser l'organisation d'un système multi-agents réalisée dans le cadre de la plate-forme de développement de systèmes multi-agents MAST. Ce modèle organisationnel est basé sur trois concepts majeurs, les rôles qui permettent de contraindre les comportements individuels des agents, les liens organisationnels qui règlent les échanges sociaux entre agents et la notion de groupe qui caractérise des agrégats d'agents en forte interaction. Ce modèle sera illustré au travers d'exemples d'un collecticiel pour la gestion de la scolarité d'une formation de post-graduation.

ABSTRACT: In this paper we propose an organizational model for a multi-agent system developed in the framework of the multi-agent systems' development platform MAST. This model is based on three major concepts: the roles which constrain the individual agent behaviors, the organizational links that regulate the social exchanges between these agents and the groups which capture the notion of agent aggregates involved in strong interactions. This model will be illustrated through examples of a groupware application that manages an educational master training.

MOTS-CLEFS : organisation, rôle, lien organisationnel, groupe, architecture de systèmes multi-agents.

KEY WORDS: organization, role, organizational link, group, multi-agent systems' architecture.

1. Introduction

Aux débuts de *l'intelligence artificielle distribuée* (IAD), les recherches se sont concentrées sur la construction et le développement de systèmes illustrant la nouveauté du domaine. D'un point de vue théorique, les architectures individuelles des agents étaient au centre des préoccupations [COR 83, ROS 84]. Ces dernières années, l'attention s'est lentement déplacée sur les aspects sociaux de la connaissance et de l'action [GAS 91, BOU 93, DRO 93, LES 95, BAE 96, SIC 98] mettant l'accent sur l'approche *systèmes multi-agents* (SMA). Ceux-ci offrent deux points de vue pour la modélisation d'un système complexe :

- agent : entité logicielle autonome capable de raisonner et d'interagir par échanges de connaissances avec les autres agents du système pour satisfaire ses propres buts ou les buts globaux du système ;
- société : ensemble des représentations et des mécanismes nécessaires à la gestion des interactions et à l'organisation ou structuration des agents dans le système.

Dans le cadre de cet article nous nous intéressons au point de vue « société » et plus particulièrement au problème de *l'organisation*. Le mot organisation est un terme qui renvoie à la fois à l'action de structurer (expression d'une *dynamique* de regroupement et d'agencement des parties d'un tout) et, au résultat de cette action (modèle ou *structure statique*). La dimension dynamique est un thème central de plusieurs travaux [COR 93, PRO 97] dans lesquels l'accent est mis sur l'émergence d'une organisation dans le système au travers de l'exécution des agents qui le composent. En revanche, elle est peu abordée en tant que modèle statique, outil de conception de système multi-agents [COL 95, PAT 87, BAE 96]. Dans cette démarche, l'organisation est vue comme un moyen pour réduire la complexité du problème à traiter en explicitant la répartition des tâches entre les agents et en fixant les relations qui les relient. Dans le cadre de cet article, nous nous intéressons plus particulièrement à ce dernier point.

Face à la complexité croissante des systèmes décentralisés traités dans le cadre des SMA, nous pensons que l'organisation doit être exprimée explicitement, de manière à permettre : d'une part, dans la phase de conception de modéliser les comportements sociaux des agents et de les structurer dans la société, de vérifier la cohérence de la structure définie, de la valider, et d'autre part, dans la phase d'exploitation, de permettre aux agents de raisonner eux-mêmes sur cette organisation afin de l'adapter et de se réorganiser dynamiquement.

Dans le cadre de cet article, nous présentons le modèle organisationnel MOISE (**M**odel of **O**rganization for mult**I**-agent **S**yst**E**ms). Une ébauche de calcul de cohérence de la structure de l'organisation ainsi que de la pertinence de la répartition des rôles entre agents est décrite dans [HAN 98]. La suite de cet article s'organise comme suit : dans un premier temps, nous introduirons les concepts de base du modèle MOISE. Nous détaillerons ensuite sa spécification, et sa mise en œuvre au travers d'exemples d'une application de collecticiel dont nous décrirons les

fonctionnalités ainsi que son architecture basée sur la plate-forme MAST¹. En conclusion, nous envisagerons différentes extensions du modèle.

2. MOISE : vue d'ensemble

Le modèle MOISE s'articule selon trois niveaux : (i) individu (définition des tâches et des responsabilités des agents), (ii) groupe (agrégation des agents en sous-ensembles), (iii) société (structuration et interconnexion globale des agents et des groupes).

Dans notre travail, nous envisageons l'organisation comme un système de règles [FRI 93] qui contraint le comportement des agents. Au niveau individuel, ce système agit sur les possibilités d'actions de chaque agent. Ces contraintes se définissent dans notre modèle par la notion de *rôle*. Un rôle spécifie le comportement autorisé d'un agent dans l'organisation au travers de l'ensemble des activités qu'il peut exercer.

La notion de *groupe* conceptualise le rassemblement d'agents en forte interaction. Un groupe se définit par des agrégats de rôles.

Au niveau société, l'organisation structure les échanges entre les agents et/ou les groupes, en restreignant et en canalisant les communications et les possibilités d'actions des agents les uns sur les autres ainsi que la représentation qu'ils peuvent avoir de l'organisation. Cet aspect est traité dans notre modèle au travers de la notion de *liens organisationnels* entre rôles qui peuvent être de trois types : *communication*, *autorité* ou *accointances*.

Nous faisons également une distinction² entre l'organisation en tant qu'ensemble de règles et de contraintes formelles que nous appelons *structure organisationnelle* (notée SO), et l'ensemble des agents fonctionnant sous ce système de contraintes que nous nommons *entité organisationnelle*. L'entité organisationnelle (notée EO) est en fait une « instanciation » de la SO sur un ensemble d'agents du système. Dans la suite de cet article, lorsque nous utiliserons le terme « organisation » seul, nous ferons référence à la SO.

L'illustration du modèle dans une application de collecticiel pour la gestion d'une formation de post-graduation est présentée en détail à la fin de l'article. Cette application est bâtie autour d'un SMA composé d'agents d'interface représentant les utilisateurs (élèves, professeurs, secrétaires, ...) et d'agents logiciels. Toutes les actions entreprises dans le cadre de cette application sont contraintes par l'organisation définie à l'aide de MOISE. L'application en elle-même permet aux utilisateurs d'explorer la manière dont la formation de post-graduation est structurée et notamment de trouver les interlocuteurs pertinents lors de démarches administratives. Elle permet également un travail coopératif des utilisateurs en automatisant certains processus administratifs.

¹ Multi-Agent System Toolkit.

² Dans [FER 95] on parle d'abstraction de l'organisation et d'organisation concrète, voir également [FOI 98].

3. Spécification du modèle

Nous allons maintenant définir les composants : *rôles*, *groupes* et *liens*, présentés ci-dessus ainsi que les notions de SO et d'EO.

3.1. Rôles et missions

Si le concept de rôle est présent dans la majorité des travaux portant sur l'organisation dans les SMA, cette notion est cependant peu formalisée. Le rôle est plus souvent défini comme une classe de comportements ou de services que propose un agent dans le système [PAT 87, COL 95, GUT 98], les caractéristiques détaillées étant reléguées à l'implémentation. Inversement lorsque l'on trouve des définitions formelles, celles-ci sont souvent spécifiques à l'application considérée (cf. par exemple [PRA 96, STO 98]). Dans le cadre du modèle MOISE, nous avons développé une spécification de la notion de rôle adaptée aux architectures d'agents *BDI* [RAO 91]. Pour cela, nous nous sommes restreints aux concepts de *buts*, de *plans*, d'*actions* et de *ressources*. Un plan est défini par rapport à un but à satisfaire. Il correspond à un graphe orienté dont chaque sommet représente soit une action (associée aux ressources qu'elle utilise) soit un sous but, et les arcs représentent les transitions possibles entre actions (ou buts) dans le plan.

Un rôle $ro = \{M\}$ est défini par un ensemble de missions M . Une *mission* exprime un comportement possible dans le système en terme de combinaisons d'autorisations ou d'interdictions sur les *buts* et les *plans* à suivre, sur les *actions* et les *ressources* utilisables.

Une mission M est définie par un quadruplet $M = \langle G, P, A, R \rangle$ où G , P , A , R représentent respectivement l'ensemble des buts, l'ensemble des plans, l'ensemble des actions et l'ensemble des ressources autorisés dans le cadre de la mission. Chacun de ces ensembles peut être vide (aucune autorisation n'est accordée) ou être égal à *ANY*, aucune contrainte n'existe, c'est-à-dire toutes les autorisations sont accordées). Ainsi un agent assumant un rôle donné dans l'organisation, doit avoir un comportement qui satisfait les autorisations précisées dans les missions du rôle.

Prenons deux exemples de missions définis dans la SO de notre application de collecticiel gérant le fonctionnement d'une formation de post-graduation (cf. Tableau 1). La mission m_1 est relative au rôle *candidat-élève*. Elle contraint la démarche d'inscription du futur élève. Celui-ci doit respecter le plan p_1 relatif au but g_1 (s'inscrire en post-graduation). Ce plan est défini par l'exécution de l'action a_1 (constituer le dossier d'inscription) qui nécessite quatre ressources³ différentes, suivie de l'exécution de l'action a_2 (traiter le dossier d'inscription). Dans le cadre de cette mission, l'action a_2 est interdite (l'ensemble d'actions A de la mission ne contient que a_1). Cette action devra donc être exécutée dans le cadre d'une autre

³ Dans le cadre de la mission m_1 , l'ensemble des ressources autorisés $\{ANY\}$ peut être remplacé par l'ensemble $\{r_1, r_2, r_3, r_4\}$ sans changement dans la sémantique de la mission car r_1, r_2, r_3, r_4 sont l'ensemble de toutes les ressources du système.

mission. La mission m_2 associée au rôle *secrétaire* permet par exemple d'exécuter cette action. Ces deux exemples de missions révèlent comment une tâche⁴ peut être distribuée sur différents rôles dans l'organisation.

Missions	
$m_1 = \langle \{g_1\}, \{p_1\}, \{a_1\}, ANY \rangle$	
$m_2 = \langle \{\}, \{\}, \{a_2\}, ANY \rangle$	
Plan	
$p_1(g_1) = a_1(r_1, r_2, r_3, r_4) ; a_2$	
But	Ressources
g_1 : s'inscrire en post-graduation	r_1 : dernier diplôme
Actions	r_2 : historique des cours de graduation
a_1 : constituer le dossier d'inscription	r_3 : photo d'identité
a_2 : traiter le dossier d'inscription	r_4 : photocopie de la carte d'identité

Tableau 1. Exemple de définition de deux missions, m_1 pour le rôle *candidat-élève* et m_2 pour le rôle *secrétaire*.

Un certain nombre de *méta-actions organisationnelles* ont été adjointes à notre modèle. Ces méta-actions concernent la gestion des rôles, des groupes et des liens. Elles peuvent directement être employées dans la spécification des plans d'une mission et contribuer ainsi à formaliser la dynamique de la SO et l'EO. Nous ne les détaillerons pas ici mais en donnerons juste les éléments nécessaires à la compréhension de l'exemple.

Mission	
$m_2 = \langle \{g_2\}, \{p_2\}, \{a_3, a_4\}, ANY \rangle$	
Plan	
$p_2(g_2) = [g_3] ; (a_3 \mid a_4)$.	
Buts	Actions
g_2 : traiter dossier d'inscription	a_3 : refuser l'inscription
g_3 : étudier le dossier	a_4 : assigner-rôle(élève)

Tableau 2. Exemple de la mission m_2 du rôle *secrétaire* illustrant l'utilisation d'une méta-action organisationnelle.

Ainsi la mission m_2 (traiter dossier d'inscription) du rôle *secrétaire* vue précédemment est plus complexe dans l'application de collecticiel. L'action a_2 du plan p_1 décrit dans la mission m_1 est remplacée par le sous but g_2 (traiter dossier d'inscription) La mission m_2 est redéfinie (cf Tableau 2). Elle consiste à traiter le dossier d'inscription par son étude (sous but g_3 qui implique d'autres rôles et missions) suivie de l'exécution de l'action *refuser-inscription* ou de la méta-action

⁴ Tâche : processus par lequel un ou plusieurs agents résolvent un problème dans le système. Une tâche est une vision externe qu'utilise le concepteur pour modéliser son problème. Les missions, buts, plans, action et ressources représentent une vision interne, utilisés pour l'implémentation des agents et la définition des rôles du système.

assigner-role(élève) qui fait passer l'agent jouant le rôle de *candidat-élève* au rôle *d'élève*.

Les exemples ci-dessus sont très contraignants et définissent de manière statique les tâches des agents. Le modèle autorise cependant plus de flexibilité comme l'illustrent les trois rôles génériques suivants : $r_{10} = \{m_{10}\}$ avec $m_{10} = \langle ANY, \{\}, \{\}, \{\} \rangle$, $r_{11} = \{m_{11}\}$ avec $m_{11} = \langle \{\}, ANY, \{\}\{\} \rangle$ et $r_{12} = \{m_{12}\}$ avec $m_{12} = \langle \{\}, \{\}, ANY, ANY \rangle$. Le premier rôle permet à un agent d'avoir n'importe quel but mais lui interdit toute planification ou exécution d'actions. Le second autorise uniquement la planification et le dernier uniquement l'exécution d'actions. En combinant ces trois rôles génériques dans une SO, nous pouvons structurer le système de manière à avoir des agents décideurs, planificateurs ou exécutants. Les tâches accomplies dans le système dépendent alors uniquement des objectifs individuels des agents mais leur mise en œuvre est structurée autour des trois rôles ci-dessus.

3.2. Liens organisationnels

Les rôles contraignent les possibilités de comportements de chaque agent dans le système. Les liens organisationnels vont structurer les échanges entre les agents au travers des relations précisées au niveau des rôles qu'ils assument. Ces liens restreignent et canalisent les communications et les possibilités d'actions mutuelles des agents les uns sur les autres. Ces relations peuvent être de différentes natures comme le montrent les sept catégories recensées dans [FER 95]. Le modèle MOISE visant à définir la structure d'échanges entre les agents, nous avons choisi de privilégier trois relations : lien de *communication*, lien *d'autorité* et lien *d'accointances*.

Un lien organisationnel $L : Ro \times Ro \rightarrow \langle t, \{M_s\}, \{M_d\}, \{C\} \rangle$ est un arc orienté entre un rôle source ro_s et un rôle destination $ro_d \in Ro \times Ro$ (Ro est l'ensemble des rôles de la SO), étiqueté par un type t , par un contexte d'utilisation et par un ensemble de contraintes. Le type permet de préciser si le lien est un lien d'autorité, de communication ou d'accointances. Le contexte d'utilisation est défini par un sous-ensemble $\{M_s\}$ des missions de ro_s , ainsi qu'un sous-ensemble $\{M_d\}$ des missions de ro_d . Ces deux ensembles peuvent prendre la valeur *ANY*, c'est-à-dire que le lien est valide quelque soit la mission du rôle source ou destination considérée. L'ensemble de contraintes $\{C\}$ dépend du type du lien. Cet ensemble peut également prendre la valeur *ANY* c'est-à-dire qu'aucune contrainte n'est associée au lien.

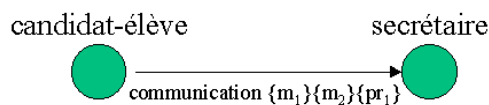


Figure 1. Lien de communication associé au protocole pr_1 entre les missions m_1 et m_2 des deux rôles *candidat-élève* et *secrétaire*.

Les liens de type « communication » structurent le flot d'échanges entre les agents du système en définissant les rôles entre lesquels la communication est possible. Dans le cadre de SMA utilisant une communication sophistiquée, l'ensemble de contraintes $\{C\}$ peut spécifier les protocoles d'interaction autorisés dans le cadre de ces liens. Ainsi dans l'exemple décrit dans la Table 1 le lien de communication existant entre les deux rôles *candidat-élève* et *secrétaire* est utilisable dans le contexte des missions m_1 et m_2 (cf. Figure 1) avec l'obligation d'utiliser le protocole pr_1 : *déléguer-action*. Ce protocole devra être utilisé pour la délégation de l'action a_2 à la mission m_2 .

Le lien de type « autorité » exprime la subordination d'un rôle à un autre dans le contexte des missions associées au lien. Toujours dans le cadre de communication sophistiquée, où les actes de langage peuvent être utilisés pour exprimer le contrôle entre deux agents, l'ensemble de contraintes peut spécifier les actes de langage qu'un agent, assumant le rôle source du lien, pourra utiliser dans ses interactions avec l'agent, assumant le rôle destination du lien, et ce, dans le contexte des missions que concerne la relation. Cet aspect du modèle permet de définir différents degrés de contrôle⁵ que les agents peuvent exercer entre eux [BOI 93]. Ainsi les protocoles d'interactions génériques précisés au sein des liens de communication seront nuancés au travers des liens d'autorité. Par exemple, le lien de communication vu précédemment autorise uniquement un agent jouant le rôle *candidat-élève* à émettre une demande de délégation à un agent jouant le rôle *secrétaire* pour exécuter l'action a_2 . La présence d'un lien d'autorité entre ces deux rôles lui permettra selon le cas d'émettre une demande avec une force illocutoire plus puissante, voire commander cette délégation.

Le lien de type « accointances » définit le sous-ensemble de l'organisation qu'un agent a le droit de se représenter et d'utiliser dans ses raisonnements. L'ensemble de contraintes spécifie les groupes (cf. section suivante) du rôle destinataire qu'un agent assumant le rôle source peut connaître. Il n'est pas nécessaire, voire souhaitable, qu'un agent dispose d'une description complète de l'organisation. Dans notre modèle, un agent ne peut accéder qu'à la représentation des rôles (mais également des agents assumant ces rôles) ainsi qu'aux missions de ces rôles, auxquels il est directement lié par un lien de communication ou d'autorité. Le lien d'accointances permet d'étendre cette représentation à d'autres missions et rôles de l'organisation. Concernant l'application de collecticiel et notamment dans sa fonctionnalité d'explication de l'organisation, les liens d'accointances permettent de circonscrire l'étendue de l'organisation qu'un utilisateur peut explorer.

3.3. Les groupes

⁵ Le contrôle n'est pas spécifique aux interactions (cf. [BOI 93]). Cependant dans MOISE, le contrôle ne s'exerce qu'au travers de la communication.

Nous pouvons dès à présent esquisser un premier jet de la SO. Celle-ci est un graphe défini par un ensemble de rôles (sommets) et de liens de communication, d'autorité et d'accointances (arcs). Nous allons à présent affiner cette définition en introduisant la notion de groupe.

Cette notion dans la littérature SMA fait souvent référence à un ensemble d'agents communicant avec le monde extérieur à travers un représentant, qui permet à ce groupe d'être perçu comme un super agent [OCC 97, BAE 98]. Dans MOISE, le concept de groupe constitue un outil d'aide à l'instantiation de la SO. Il se limite à la définition d'agrégats d'agents pour lesquels est explicitée la manière dont les liens sont instanciés entre les agents dans l'EO ainsi que les missions autorisées.

Un groupe est défini par un couple $Gr = \langle Ro, M \rangle$ où Ro représente l'ensemble des rôles du groupe, et M le sous-ensemble des missions de ces rôles qui peuvent être activées dans le cadre du groupe. Cet ensemble constitue le contexte d'utilisation du groupe. Nous appelons lien *intra-groupe* tout lien organisationnel unissant deux rôles appartenant aux rôles du groupe et dont le contexte d'utilisation (c'est à dire les missions du lien) est inclus dans celui du groupe. Tout autre lien organisationnel est appelé lien *extra-groupe*. Lors de la constitution de l'EO, un lien intra-groupe est instancié automatiquement entre tous les agents membres d'une même instance de groupe, mais pas entre les agents membres de deux instances différentes d'un même groupe. La politique d'instanciation des liens extra-groupe dépend par contre du concepteur du système ou, peut être mise en œuvre par les agents au travers des méta-actions organisationnelles.

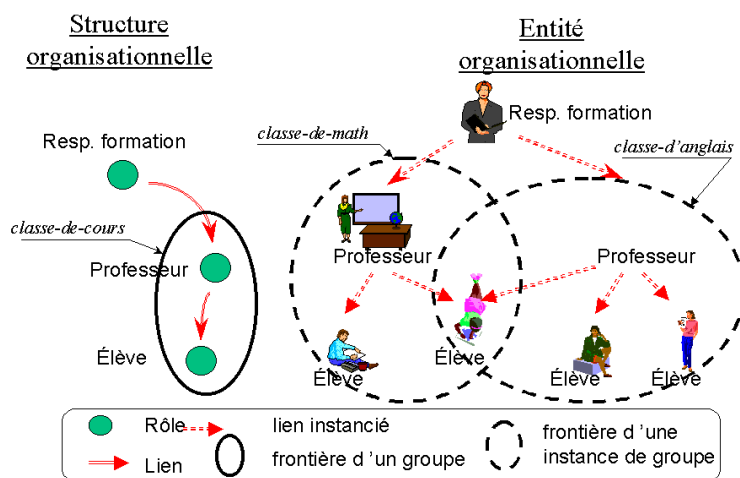


Figure 2. Exemple de structure organisationnelle avec son entité organisationnelle illustrant la notion de groupe.

L'exemple de la figure 2 illustre cette notion de groupe. Considérons les trois rôles *responsable-formation*, *professeur* et *élève*. Sans entrer dans le détail des missions de chacun de ces rôles, un lien de communication existe entre le rôle *responsable-formation* et le rôle *professeur* et entre le rôle *professeur* et le rôle

élève. Un groupe *classe-de-cours* est composé des deux rôles *professeur* et *élève*. Le lien de communication faisant intervenir ces deux rôles est un lien intra-groupe. L'entité organisationnelle est constituée de plusieurs agents assumant le rôle de *professeur* et le rôle d'*élève* et d'un agent assumant le rôle de *responsable-formation* et de deux instances du groupe *classe-de-cours*. La figure 2 montre que les agents *étudiants* ne communiquent pas avec tous les agents *professeurs*, mais uniquement avec ceux appartenant à la même instance de groupe. La politique retenue ici est définie par une fonction globale du système. Elle consiste à instancier les liens extra-groupe entre tous les agents assumant les rôles invoqués par ces liens (cf. lien *responsable-formation, professeur*) quels que soient les groupes auxquels ils participent.

Notons au passage qu'un rôle peut faire partie de plusieurs groupes (le rôle *professeur* peut appartenir au groupe *classe-de-cours* et au groupe *conseil-de-classe* par exemple).

3.3. Structure organisationnelle et entité organisationnelle

Nous pouvons, à présent, définir la structure et l'entité organisationnelle du modèle MOISE. Les rôles et les liens représentent respectivement les sommets et les arcs d'un graphe et sont structurés en groupe. La structure organisationnelle *SO* est formée de l'ensemble des groupes $\{Gr\}$ ainsi que de l'ensemble $\{L\}$ des liens qui relient les rôles $\{ro\}$ de la structure. Formellement la structure organisationnelle est donc un triplet :

$$SO = \langle \{ro\}, \{L\}, \{Gr\} \rangle$$

Un système multi-agents est composé d'un ensemble d'agents organisés autour d'une ou de plusieurs *SO* : ce sont les entités organisationnelles. Formellement, une entité *EO* est associée à une *SO*. Elle est définie par un ensemble de couples agent-rôle $\{(ag, ro)\}$, l'ensemble des groupes instanciés $\{gr\}$ ainsi que l'ensemble des liens instanciés entre agents $\{l\}$:

$$EO = \langle SO, \{(ag, ro)\}, \{gr\}, \{l\} \rangle$$

4. Application

Le modèle organisationnel MOISE est utilisé pour développer un prototype d'application de gestion de formation de post-graduation à l'*Escola Politécnica* de l'université de São Paulo. Cette application a deux fonctionnalités majeures : (i) permettre aux utilisateurs d'explorer l'organisation de la formation et notamment de trouver les interlocuteurs pertinents lors de démarches administratives, (ii) permettre un travail coopératif des utilisateurs en automatisant certains processus administratifs.

L'application est bâtie à l'aide de la plate-forme MAST [BOI 98] qui offre des outils pour la conception et l'exécution de systèmes multi-agents. Deux types d'agents interviennent dans l'implémentation de cette application : des agents d'interface associés à chaque utilisateur (membre de la formation) et des agents

purement logiciels tels que gestionnaire de BDD de cours. La couche DEMAS⁶ de MAST assure l'exécution distribuée et la communication des agents logiciels (par exemple l'agent gérant la base de données des cours). Les agents d'interfaces sont par contre des applets accessible via l'intranet et qui communiquent avec le reste du système multi-agents au travers d'un agent facilitateur. L'application ainsi que la plate-forme MAST sont écrits en Java

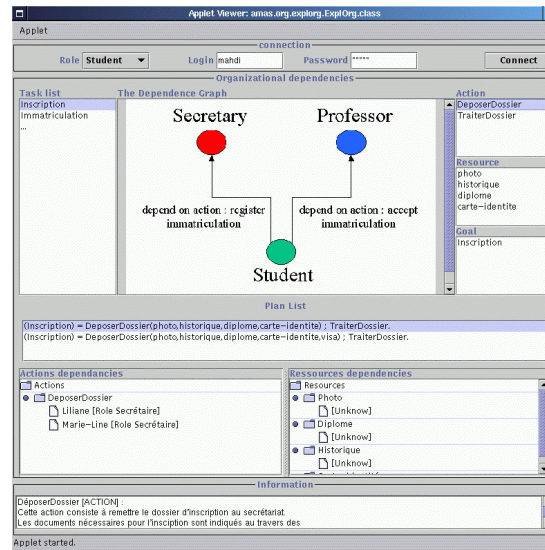


Figure 3. Outil d'exploration de l'organisation de formation de post-graduation.

Nous allons à présent illustrer les fonctionnalités de l'application (exploration de l'organisation et travail coopératif) par deux exemples :

Afin d'explorer l'organisation de la formation, un utilisateur se connecte au système grâce à son agent d'interface (cf. Figure 3). Les missions associées à son rôle lui précisent les tâches administratives qu'il peut effectuer dans la formation. En sélectionnant une mission, la description de celle-ci est affichée : plan de la mission, texte explicatif pour chaque action, ressource ou sous but du plan. La SO telle qu'elle est définie dans MOISE ne lui suffit pas pour comprendre comment se comporter dans la formation et contacter les « rôles » pertinents. C'est pourquoi nous avons ajouté un calcul de dépendances entre rôles [HAN 98] en terme d'actions et de ressources qui exprime ces dépendances par rapport aux rôles de l'organisation pour la mission considérée, et désigne les utilisateurs assumant ces rôles qu'il peut contacter. La SO lui donne en revanche des informations sur les relations prédéfinies dans l'organisation et la manière dont il doit faire circuler les informations. Il peut également explorer le reste de l'organisation (c'est-à-dire visualiser les définitions des autres rôles) dans les limites permises par son rôle, qui sont explicitées dans MOISE par les liens d'accointances.

⁶ Distributed Environment for Multi-Agent Systems

La seconde fonctionnalité (travail coopératif) concerne l'automatisation de tâches administratives. Par exemple, dans le cadre de la formation, les élèves doivent demander leur inscription (immatriculation) aux cours qui les intéressent. Ceci nécessite de remplir un formulaire, d'avoir l'accord du professeur responsable du cours, puis de déposer le dit formulaire à l'administration. Son implémentation dans le cadre du collecticiel (cf. Figure 4) fait intervenir quatre rôles (*responsable formation, élève, professeur, secrétaire*), un agent d'interface pour chacun des utilisateurs ainsi qu'un agent logiciel pour la gestion de la BDD des cours. L'élève désirant s'inscrire demande à son agent d'interface de l'aider dans cette démarche. Celui-ci jouant le rôle *élève* ne peut activer que les missions définies dans le rôle. Il active la mission *immatriculation*. Celle-ci le contraint à remplir un formulaire. L'agent d'interface envoie ce formulaire à l'agent d'interface du professeur responsable du cours (utilisation de la description externe et des relations de dépendances qu'il a pu calculer par ailleurs), échange permis par la présence d'un lien de communication entre ces deux rôles. Le professeur peut accepter ou refuser la candidature (le lien d'autorité est orienté de *professeur* vers *élève*). Le professeur ayant accepté le dossier, son agent d'interface transmet le dossier à l'agent d'interface de la secrétaire qui le traite. Cet agent intègre ensuite l'élève à l'instance du groupe cours correspondant et contacte l'agent responsable de la base de données des cours pour sa mise à jour et informe l'agent élève du résultat de sa demande.

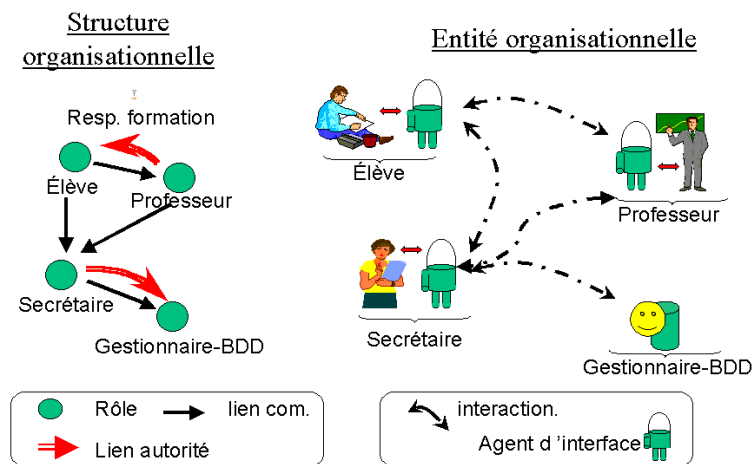


Figure 4. Structure Organisationnelle et utilisation de l'Entité Organisationnelle intervenant dans l'immatriculation d'un élève à un cours

5. Conclusion

Les trois concepts centraux rôles, liens organisationnels, et groupes introduits dans MOISE se révèlent être des notions à la fois intuitives et très souples pour structurer les comportements sociaux des agents d'un SMA. Par ailleurs, l'application

de collecticiel nous montre que notre modèle autorise la spécification d'organisations complexes, mais peut également servir comme outil pédagogique pour comprendre ces organisations. Il reste cependant à étendre le modèle, notamment, par exemple, en élargissant la notion de groupe au concept de super rôle ce qui permettrait une définition récursive de l'organisation, et en y introduisant une dimension temporelle permettant de spécifier une dynamique de changement de rôle au sein d'une SO.

Enfin pour être complet, le modèle MOISE doit fournir des outils théoriques d'analyse de l'organisation. Ce point est d'autant plus important que nous considérons qu'explicitement l'organisation a justement pour but entre autres, de permettre aux agents de raisonner sur celle-ci. Le travail entrepris dans [HAN 98] qui est une extension de la théorie des dépendances de [SIC 95] appliquée à la structure et à l'entité organisationnelle permet de mettre en évidence en ce qui concerne : (i) la structure organisationnelle, des incohérences dans la définition des rôles ou des liens, (ii) l'entité organisationnelle, des incohérences dans la distribution des rôles sur les agents qui rend une mission irréalisable alors que toutes les compétences nécessaires sont présentes parmi les agents de l'organisation. A ce stade, cet outil théorique implémenté dans le cadre de la plate-forme MAST aide le concepteur lors de l'élaboration de l'organisation d'un SMA. Il s'agit maintenant de développer des heuristiques qui permettent aux agents en utilisant les résultats de ces dépendances, d'adapter dynamiquement la structure de l'organisation.

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier la région Rhône-Alpes qui a permis le séjour du premier auteur à l'Université de São Paulo grâce à une bourse EuroDoc, ainsi que le Departamento de Engenharia de Computação e Sistemas da Escola Politécnica de l'université de São Paulo pour son accueil chaleureux lors des deux stages dans ses locaux.

Bibliographie

- [BAE 96] BAEIJS C. et DEMAZEAU Y., "Les Organisations dans les Systèmes Multi-Agents", *4èmes Journée Nationale du PRC-IA sur les Systèmes Multi-Agents*, Toulouse, France, 1996.
- [BAE 98] BAEIJS C., "Fonctionnalité émergente dans une société d'agents autonomes : Études des aspects organisationnels dans les systèmes multi-agents réactifs" Thèse de doctorat, INP Grenoble, France, Novembre 1998.
- [BOI 93] BOISSIER O., "Problème du contrôle dans un système intégré de vision, utilisation d'un système multi-agents", Thèse de Doctorat, INP Grenoble, France, Janvier 1993.
- [BOI 98] BOISSIER O., BEAUNE P., PROTON H., HANNOUN M., CARRON T., VERCOUTER L. et SAYETTAT C., "Multi-Agent System Toolkit", Rapport Interne, Dépt. SIC, ENSM, St-Étienne, Janvier 1998.
- [COL 95] COLLINOT A., CARLE P. et ZEGHAL K., "Cassiopeia: a method for designing computational organizations", in *Proceedings of the 1st Int. Workshop on Decentralized Intelligent Multi-Agent Systems*, DIMAS'95, 1995.

- [BOU 93] BOURON T., "Structures de Communication et d'Organisation pour la coopération dans un Univers Multi-Agents", Thèse de doctorat, Paris VI, Laforia, 1993.
- [COR 83] CORKILL D. D. et LESSER V. R., "The Distributed Vehicle Monitoring Testbed : a toll for investigating Distributed Problem Solving Network", *AI Magazine* 3(4), pp. 15-33, 1983.
- [COR 93] CORBARA B., DROGOUL A., FRESNEAU D., LALANDE S., "Simulating the Sociogenesis Process in Ant Colonies with MANTA", in *Towards a Practice of Autonomous Systems II*, MIT Press, Cambridge, 1993.
- [DRO 93] DROGOUL A., "De la simulation multi-agents à la résolution collective de problèmes", Thèse de doctorat, Université de Paris 6, Novembre 1993.
- [FER 95] FERBER J., "*Les systèmes Multi-Agents : Vers une intelligence collective*", InterEditions, 1995.
- [FOI 98] FOISEL R., "Modèle de réorganisation de systèmes multi-agents : une approche descriptive et opérationnelle", Thèse de doctorat, Université Henri Poincaré, Nancy I, Novembre 1998.
- [FRI 93] FRIEDBERG E., "Le pouvoir et la règle : dynamique de l'action organisée", Edition du Seuil, 1993.
- [GAS 91] GASSER L., "Social conceptions of knowledge and action: DAI foundations and open systems semantics", in *AI journal*, volume 47, pp. 107-138, 1991.
- [GUT 98] GUTKNECHT O. et FERBER J., "Un méta-modèle organisationnel pour l'analyse, la conception et l'exécution de systèmes multi-agents". *Actes des JFIADSMA*, 1998.
- [HAN 98] HANNOUN M., SICHMAN J. S., BOISSIER O. et SAYETTAT C., "Dependence Relations Between Roles in a Multi-Agent System : Towards the Detection of Inconsistencies in Organization", in *MABS'98*, Paris, 1998.
- [LES 96] LE STRUGEON E., "Une méthodologie d'auto-adaptation d'un système multi-agents cognitifs", Thèse de doctorat, Université de Valenciennes et du Hainaut-Cambrésis, France, 1995.
- [OCC 98] OCCELLO M., DEMAZEAU Y., "Vers une approche de conception et de description récursive en univers multi-agents", *Actes des JFIADSMA*, 1997.
- [PAT 87] PATTISON H. E., CORKILL D. D. et LESSER V. R., "Instantiating Descriptions of Organizational Structures", in *Distributed Artificial Intelligence*, M. N. Huhns editors, pp. 59-96, 1987.
- [PRA 96] PRASAD M. V. N., LESSER V. et LANDER S. E., "Learning Organizational Roles in a Heterogeneous Multi-agent System", in *ICMAS'96*, Kyoto, Japon, Décembre 1996.
- [PRO 97] PROTON H., BOUSQUET F. et REITZ P., "Un outil pour observer l'organisation dans une société d'agents : le cas d'une société d'agents chasseurs agriculteurs", *Actes des JFIADSMA*, 1997.
- [RAO 91] RAO A. S. et GEORGEFF M. P., "Modeling rational agents within a BDI architecture", in *Knowledge Representation and Reasoning*, 1991.
- [ROS 84] J. S. ROSENSCHEIN et GENESERETH M. R., "Deals Among Rational Agents", 84-44 HPP Report, Stanford University, 1984.

- [SIC 95] SICHMAN J. S., "Du Raisonnement Social Chez les Agents : Une Approche Fondée sur la Théorie de la Dépendance", Thèse de doctorat, Institut National Polytechnique de Grenoble, France, 1995.
- [SIC 98] SICHMAN J. S. et CONTE R., "On Personal and Role Mental Attitudes : A preliminary Dependence-Based Analysis", in *SBIA'98*, Porto Alegre, Brésil, 1998.
- [STO 98] STONE, P., VELOSO M., "Task Decomposition and Dynamic Role Assignment for Real-Time Strategic Teamwork", in *ATAL'98*, Paris, France, 1998.