



HAL
open science

Modélisation Multi-Agents centrée sur les Compétences pour la Collaboration des Acteurs dans les Projets de Développement Durable

Olivier Chator, Jean-Marc Salotti

► **To cite this version:**

Olivier Chator, Jean-Marc Salotti. Modélisation Multi-Agents centrée sur les Compétences pour la Collaboration des Acteurs dans les Projets de Développement Durable. 17ème colloque de l'Association Information et Management (AIM), May 2012, Bordeaux, France. pp.1-11. hal-00716701

HAL Id: hal-00716701

<https://hal.science/hal-00716701>

Submitted on 11 Jul 2012

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Modélisation Multi-Agents Centrée sur les Compétences pour la Collaboration des Acteurs dans les Projets de Développement Durable

Olivier Chator^{1,2} et Jean-Marc Salotti²

1: Conseil Général de la Gironde, France

2: Laboratoire de l'Intégration du Matériau au Système, UMR 5218, ENSC/IPB, Université de Bordeaux

o.chator@c33.fr

jean-marc.salotti@ensc.fr

Résumé

Les projets territoriaux de développement durable mobilisent de nombreux acteurs intervenant dans des domaines variés à des échelles différenciées. Ces acteurs, qui doivent collaborer de manière étroite, n'ont souvent qu'une idée approximative de l'expertise et du savoir-faire de chacun. Nous proposons la mise en œuvre d'un outil collaboratif d'aide à la gouvernance basée sur les compétences et non sur les acteurs comme cela est généralement proposé. Une caractéristique importante de la proposition est l'utilisation d'un système multi-agents où les agents sont précisément des compétences. Le caractère de généralisation à tout domaine fonctionnel (i.e. pas uniquement celui du développement durable) constitue l'une des forces de la proposition.

Mots Clés

Systèmes multi-agents, développement durable, organisation, compétence, gouvernance

Abstract

Territorial projects in the domain of sustainable development involve many actors at different levels and different scales. The conception phase needs a collaboration of actors, each of them having only a part of the global expertise and an approximate idea of the expertise and know-how of the partners. We propose a collaborative tool to help the project guidance based on skills and not on actors as it is usually suggested. An important aspect of the proposal is the use of multi-agent systems, where agents are defined as skills. The generalization of the model to any functional domain is one of its strength.

Keywords

Multi-agent systems, environmental sustainability, organization, competence, governance

1. INTRODUCTION

Dans le cadre des Agenda 21 des collectivités territoriales, de nombreux projets de développement durable sont mis en œuvre, comme par exemple la transformation d'un quartier en « éco-quartier » (Bardou, 2011). Or, ces projets sont de plus en plus complexes et requièrent la collaboration de nombreux acteurs publics et privés qui se connaissent mal (CG33, 2011). De plus, les démarches territoriales de développement durable nécessitent l'articulation de compétences spécifiques et interdépendantes, qui n'existent pas chez un acteur unique. Dans ce contexte, le Conseil Général de la Gironde (CG33) a décidé le développement d'un outil informatique dans lequel sont exploités des "Bourses de Compétences". L'objectif est de renseigner chacun des acteurs sur l'expertise et le savoir-faire des partenaires potentiels. Le CG33 nous a confié une étude R&D sur cette problématique et la réalisation de l'outil qui doit être exploité dès la fin de l'année 2012. Il s'agit de mettre en lien des compétences dans une perspective d'amélioration continue des relations multi-acteurs dans le cadre des projets de développement durable d'un territoire donné (la Gironde dans notre cas).

L'approche classique consiste à réaliser une base de données contenant des objets statiques. L'étude R&D nous amène à définir les compétences comme les éléments fondamentaux et dynamiques du modèle et à adopter une architecture de type multi-agents (Ferber, 1999), (Russel et Norvig, 2003). Notre approche est novatrice car elle est orientée « compétences » plutôt qu' «acteurs humains ». De plus, elle est générique et applicable à de multiples secteurs d'activités. La mise en application du modèle se concrétisera par la réalisation de l'outil demandé par le CG33. Ces travaux s'inscrivent également dans le cadre du projet EcoEco "Eco-comportements pour l'Eco-conception" de notre laboratoire.

Au chapitre 2, nous présentons la problématique plus en détails et définissons plus précisément le concept de compétences. Le modèle général est décrit au chapitre 3 et le comportement des agents est présenté au chapitre 4. Nous donnons enfin les conclusions et perspectives de ces travaux au chapitre 5.

2. PROBLEMATIQUE

2.1 De la notion de Compétences

La compétence est la capacité à résoudre des problèmes de manière efficace dans un contexte donné (Ledru et Michel, 1991).

Le concept de compétence ne renvoie pas uniquement aux savoirs et savoir-faire, il implique aussi la capacité à répondre à des exigences complexes et à pouvoir mobiliser et exploiter des ressources psychosociales (dont des savoir-faire et des attitudes) dans un contexte particulier (Calut, 2005).

La définition du concept de compétence impacte directement l'évolution du management interne des entreprises. Ainsi, force est de constater que de nombreux travaux (décrits au sein d'une littérature très riche) sont disponibles. On se limitera ici à citer par exemple :

- Modèle de l'Entreprise Apprenante (Mallet, 1994). Ici, l'entreprise est assimilée à une entité organique (vivante). Elle devient capable d'apprendre, de mémoriser, de créer, de réagir à différents événements survenant dans son environnement.
- Apparition du « Knowledge Management » (Prax 2000). Ce concept considère que

« l'organisation de l'échange d'informations et le partage des connaissances sont devenus des facteurs clés d'une gestion performante de l'entreprise. Ils doivent s'inscrire dans un projet global, destiné à mettre en valeur les savoirs et les savoir-faire individuels et collectifs » (Grundstein, 2006).

2.2 Objectifs de nos travaux de R&D

Quel que soit le modèle ou les techniques qui s'y rattachent, les objectifs convergent tous vers le souhait de faire émerger une certaine « Intelligence Collective » (Dortier, 2006; Mallet, 2007), basée sur une promotion forte des aspects de collaboration, de partage et de diffusion (Boutte, 2009). Comme de nombreuses entreprises et collectivités territoriales, la convergence vers les objectifs exprimés au paragraphe précédent est au cœur de la problématique qui se pose aujourd'hui au Conseil Général de la Gironde, en particulier pour ce qui concerne la mobilisation autour de la mise en œuvre des politiques de développement durable. Dans ce contexte, l'objectif fixé pour nos travaux de recherche est de mettre en relation ces compétences. Ceci étant posé, l'aboutissement doit nous conduire à comprendre et formaliser les systèmes de gouvernance territoriale de développement durable, à interactions et échelles multiples. L'un des points sensibles consiste à modéliser des interdépendances et des comportements de compétences croisées, dans le but de permettre l'identification, la recherche et l'échanges des compétences territoriales de développement durable à l'échelle girondine. Dans le cadre de nos travaux de recherche, nous proposons d'apporter une réponse à ce souhait à travers la modélisation théorique puis la réalisation concrète d'un outil informatique collaboratif appelé « Bourse de Compétences ». Une représentation très schématique et simplifiée des interactions entre acteurs et système cible est donnée figure 1.

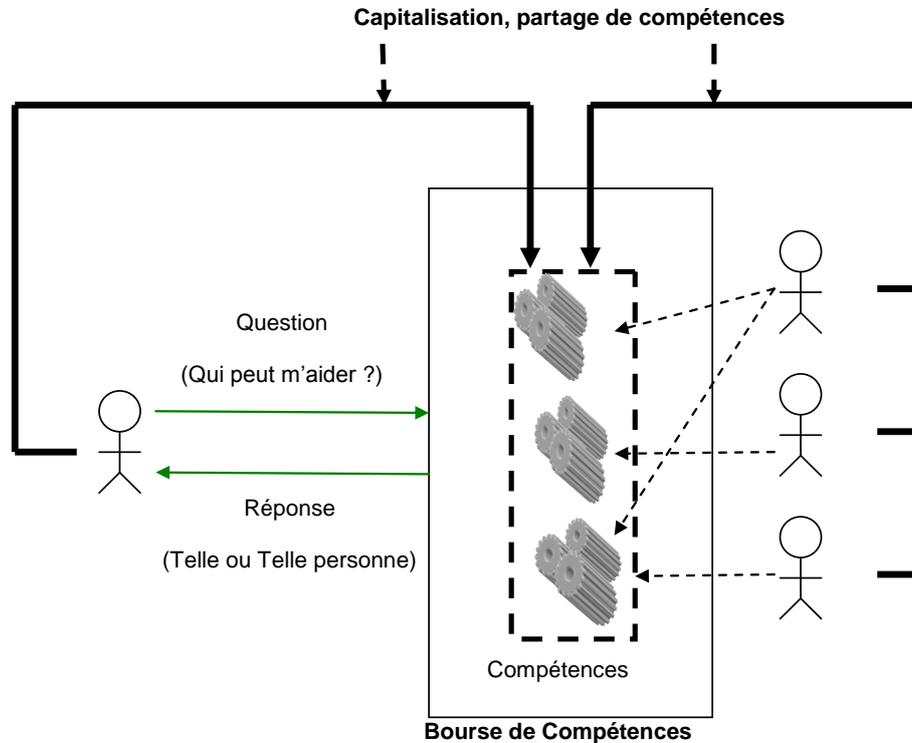


Figure 1 : La Bourse de Compétences

Nous savons déjà que le système sera interrogé par un acteur souhaitant bénéficier de compétences partagées au sein du réseau agenda 21 de la Gironde. Les membres du réseau partagent des compétences dans des domaines variés qu'ils souhaitent (peuvent) mettre à disposition de tous pour aider dans la mise en œuvre de leurs objectifs de développement durable. La bourse est « vivante » et s'enrichit au fur et à mesure de l'expérience acquise et partagée par chacun des membres du réseau. Nous insistons sur cette notion de partage. Il convient en effet de mettre en place des échanges fructueux et réciproques entre ceux qui donnent et ceux qui reçoivent. Ainsi, nul ne saurait demander plusieurs fois sans avoir, à son tour, fait bénéficier les autres membres de son expérience. Une fois une réponse reçue et mise en œuvre, nous pourrions considérer que la personne qui a fait la demande devient plus compétente à son tour et peut (dans un cadre d'enrichissement réciproque) partager son expérience acquise en retour.

Le système ne doit pas être statique. L'identification des bons interlocuteurs doit évoluer en fonction de la pertinence, de l'efficacité et de l'efficience des partages d'expérience ainsi que des résultats concrets obtenus dans le déroulement du projet. Les règles d'évolution mentionnées ci-dessus s'accompagneront de la mise en place de seuils d'alerte en cas de dysfonctionnements du système ou de problèmes constatés. Quelques illustrations :

- Participation non effective d'une personne qui était identifiée
- Seuil d'alerte de non effectivité d'une compétence
- Mauvais retour d'évaluation suite à mise en œuvre d'une compétence

Il est important de noter que nous proposons de concevoir ce système de Bourse de Compétence comme un outil transversal aux institutions publiques impliquées dans les projets de développement durable. Il met en œuvre une certaine interdépendance des personnes impliquées au service d'un objectif commun à atteindre. La vision d'une transversalité des compétences (et non plus une vision « en silos ») pour atteindre les objectifs fixés revêt ici tout son sens.

3. ORIGINALITE DE LA PROPOSITION

3.1 Notre proposition

Notre présentons dans cet article une vision théorique mais toutefois applicable dans le cadre du projet de « Bourse de Compétences » pour le Conseil général de la Gironde. Cette proposition se doit de rester cohérente avec les buts à atteindre, à savoir (non exhaustivement) « l'entreprise apprenante » et le « Knowledge Management ».

Les différentes références bibliographiques montrent que les compétences sont au cœur de la problématique. Leur organisation, leur utilisation, et leur transmission (acquisition) par les différents acteurs (du réseau Agenda 21 dans notre cas concret) concourent à l'atteinte des objectifs d'émergence de l'« Intelligence Collective ». Boutte explicite ce point : « *Les contributions des différents auteurs éclairent sous plusieurs angles notre problématique (... dont) celui de la **modélisation de la compétence** à l'ère de la complexité.* » (Boutte, 2009).

Nous proposons ainsi de recentrer la modélisation autour du concept de compétence. Une compétence doit avoir un véritable cycle de vie et un modèle comportemental associé. Ceci nous amène à proposer une architecture de type multi-agents et à modéliser notre Bourse de Compétences de telle sorte qu'une compétence unique est représentée par un agent unique.

Une compétence est portée par 0 (si c'est une compétence que l'on souhaite acquérir ultérieurement après formation professionnelle par exemple) ou n individus physiques. Dans ce type de modélisation, les comportements et les interactions sont dictés par la nature même de l'objet modélisé (la compétence). Nous explicitons ce choix et sa cohérence dans les paragraphes qui suivent.

3.2 Vue synthétique de ce qu'est un Agent au sein d'un SMA (Systèmes Multi Agents)

Dans un système informatique modélisé sous la forme d'un SMA (Ferber, 1999), un Agent possède des compétences, ces dernières n'étant qu'une partie de ses composantes internes (Mano, Gleizes, Glize, 2005). Une représentation classique d'un agent est illustrée figure 2.

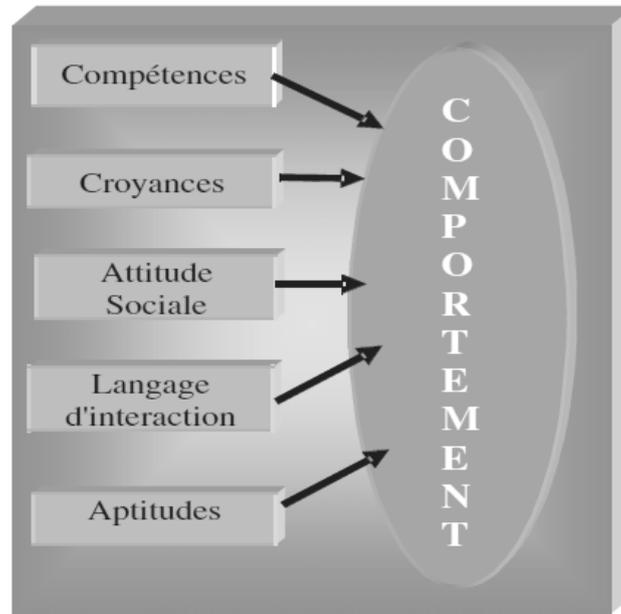


Figure 2 : Les différentes caractéristiques du comportement d'un agent.

Les agents sont habituellement vus comme des entités ayant une réalité physique (fourmis, robots, humains, etc.) et les compétences ne sont que des connaissances ou des règles comportementales associées aux agents. Citons Ferber : *"Un système multi-agent (SMA) est un système composé d'un ensemble d'agents, situés dans un certain environnement et interagissant selon certaines relations. Un agent est une entité caractérisée par le fait qu'elle est, au moins partiellement, autonome"* (Ferber, 1999). On distingue des agents cognitifs ou réactifs, ce qui *"correspond à deux écoles de pensée des systèmes multi-agents. La première soutient une approche de famille d'agents "intelligents" devant collaborer, avec une perspective plus sociologique"* (Ferber, 1999). On notera également que dans le modèle AALAADIN (Gutknecht et al, 1998), les auteurs mentionnent : *« nous ne posons aucune contrainte ou pré-requis sur l'architecture interne de l'agent et nous ne supposons pas de formalisme ou modèle particulier pour en décrire le comportement »*. Nous reprenons ce principe. Notre problème est alors de modéliser un système multi-agents cohérent dans lequel les agents sont des compétences.

3.3 Pourquoi modéliser les compétences sous forme d'agents cognitifs ?

Fondamentalement, en informatique, on distingue le hardware du software. En cohérence avec la problématique évoquée, il nous est apparu pertinent d'envisager une dissociation également au niveau humain. On s'attachera ainsi à considérer qu'une compétence est unique, bien que partagée, et qu'elle possède une « vie propre », que ses moyens d'actions sont multiples et réalisés à travers un corps délocalisé (l'acteur humain) ou plutôt multi-localisé

(répartie sur plusieurs acteurs physiques). Par exemple, un agent peut être associé à la compétence en pose de panneaux photovoltaïques. Plusieurs acteurs peuvent avoir cette compétence, mais ladite compétence n'est toujours représentée que par un seul agent dans le système. Selon notre proposition, un agent (cognitif) compétence :

- Possède des ressources : peut être lié à 0 ou n individus physiques, faire appel à d'autres agents compétences, etc.
- Intègre son « cycle de vie » propre : peut être créé, vivre (être utilisé) et mourir (ne plus être utilisé car remplacé ou englobé au sein d'une nouvelle compétence qui apparaît dans le système). En tant qu'entité élémentaire, un agent compétence est unique au sein du système. On admettra qu'il ne puisse « changer de compétence » ou encore en développer de nouvelles puisqu'il en est une lui-même.
- Evolue dans l'univers du SMA : réagit en fonction de stimuli externes issus des autres agents qui font appel à lui ou bien de situations environnementales (ex: évolution des indicateurs d'efficacité, introduction d'objectifs, déclaration d'exécution en mode apprentissage, etc.)
- S'insère dans un SMA de type « évènementiel » plutôt que « temporel ». Dans un SMA classique, les agents humains évoluent dans un univers où le temps est simulé comme dans la vie réelle. Dans notre cas, le principe de fonctionnement est différent. Ce sont les interrogations formulées par les utilisateurs, les mises à jour du système ou bien l'évolution des situations environnementales qui font évoluer l'univers de l'agent et par voie de conséquence les agents eux-mêmes.

L'avantage d'une telle modélisation de la gouvernance par les compétences est qu'elle :

- Est générique, réutilisable et applicable à des projets d'autres secteurs d'activité (domaines fonctionnels) que celui du développement durable : bâtiment, aéronautique, industrie, etc.
- Met les compétences elles-mêmes en relation et non plus les acteurs humains, ce qui facilite tous les scénarios possibles de simulation en éliminant de fait les notions d'affect et de relationnel qui peuvent parfois interférer
- Permet de faire ressortir les compétences clé (et par voie de conséquence celles que nous pouvons exclure car non ou peu utilisées) pour la réalisation des projets du domaine fonctionnel dans lequel il s'exécute

Notons qu'il existe plusieurs travaux décrivant la communication, l'échange et les négociations entre les agents qui peuvent être appliqués à notre modèle :

- Coordination et Négociation dans les systèmes Multi-Agents (Espinasse, 2008)
- Agent Groupe Rôle et Service : Un modèle organisationnel pour les systèmes multi-agents ouverts (Mansour et Ferber, 2007)
- La plate-forme ZEUS (Lee, Ndumu et Nwana, 1998)
- Allocation des tâches par réseau contractuel (Kraus, 1997)

Nous pourrions observer les communications que les agents établissent entre eux par rapport à l'évolution de leur environnement. Les agents compétence « vivent » au sein d'un système « apprenant ». Ils font preuve de « dynamisme » et ne sauraient être considérés comme purement « statiques ».

3.4 Plate-forme JADE

Nous avons choisi la plateforme de développement SMA Jade. Le choix des SMA et de JADE offre plusieurs avantages :

- La résolution distribuée et concurrente de problèmes : modularité, performances induites par le parallélisme des traitements

- La prise en charge de définitions d'interaction sophistiquées dans le but de mener un travail commun devant conduire à la réalisation d'objectifs communs (ce qui est typiquement le cas dans nos travaux pour la Bourse de Compétences)
- La mise en œuvre de mécanismes de coordination qui nous permettent d'apporter une solution à un problème de telle sorte que les interactions non pertinentes entre les agents soient évitées et que celles qui sont bénéfiques soient exploitées
- La mise en œuvre de mécanismes de négociation dans le but de parvenir à un accord acceptable pour toutes les parties concernées
- Des normes ont été proposées par la Foundation for Intelligent Physical Agents (FIPA, 2002).
- La possibilité de pouvoir constituer un réel système apprenant d'aide à la décision
- La possibilité de pouvoir réutiliser tous les mécanismes comportementaux et de communication inter-agents déjà existants dans les briques logicielles du framework JADE (Bellifemine *et al* 1999) de développement en langage Java.

Enfin, les SMA s'inscrivent parfaitement dans le cadre des travaux de recherche menés par l'équipe Cognitive et Ingénierie Humaine de notre laboratoire, et plus particulièrement autour des thématiques de modélisation comportementale.

4. POINTS CLES POUR LA MODELISATION THEORIQUE

Nous proposons que les compétences

- soient qualifiées de théoriques (attribution et valorisation toute personnelle à celui qui la détient) ou reconnues (validée par les autres suite à mise en œuvre par l'expérience).
- s'acquièrent au fil du temps (formation, apprentissage sur le terrain, etc.), se valorisent (à la hausse ou à la baisse) ou bien s'estompent parfois jusqu'à se perdre (de par les évolutions technologiques par exemple ou bien l'émergence de meilleures méthodes).

Un des problèmes majeurs est de mettre en œuvre des agents compétences sans introduire d'intentions. Les intentions sont en effet liées aux acteurs, mais pas aux compétences. Nous pouvons toutefois introduire une compétence particulière qui n'est pas liée à une expertise dans le domaine du développement durable, mais qui est capable de mobiliser d'autres compétences pour réaliser un objectif donné. Les compétences sont donc des agents « Cognitifs Génériques », essentiellement réactifs. Elles réagiront typiquement à des sollicitations issues d'un agent compétence particulier qui définit l'objectif d'un projet de développement durable. L'agent "Gestion de l'objectif" représente la compétence humaine nécessaire au questionnement et donc à la sollicitation des compétences dans le cadre de la mise en œuvre du projet de développement durable. Il a des liens privilégiés avec l'utilisateur, qui définit le contenu de l'objectif. Il interagit ensuite avec les compétences plus classiques pour la réalisation de l'objectif.

Remarque : une compétence pouvant être partagée (et/ou répartie) sur n individus physiques, on considère de fait (au sens de ce qui est fourni dans la ligne « Attitudes sociales » du schéma de la figure 2) que les acteurs humains peuvent être vus comme étant des « ressources des compétences ».

Les compétences étant vues comme des « agents cognitifs », ces dernières possèdent :

- Un certain niveau hiérarchique les unes par rapport aux autres
- Un certain niveau d'ordonnement interne leur permettant de faire appel à telle ou telle autre compétence
- Un certain niveau d'autonomie qui leur est propre

Nous vérifions également que la modélisation théorique que nous proposons est en adéquation avec un modèle générique (voir figure 3 et 4) (Russel and Norvig, 2003).

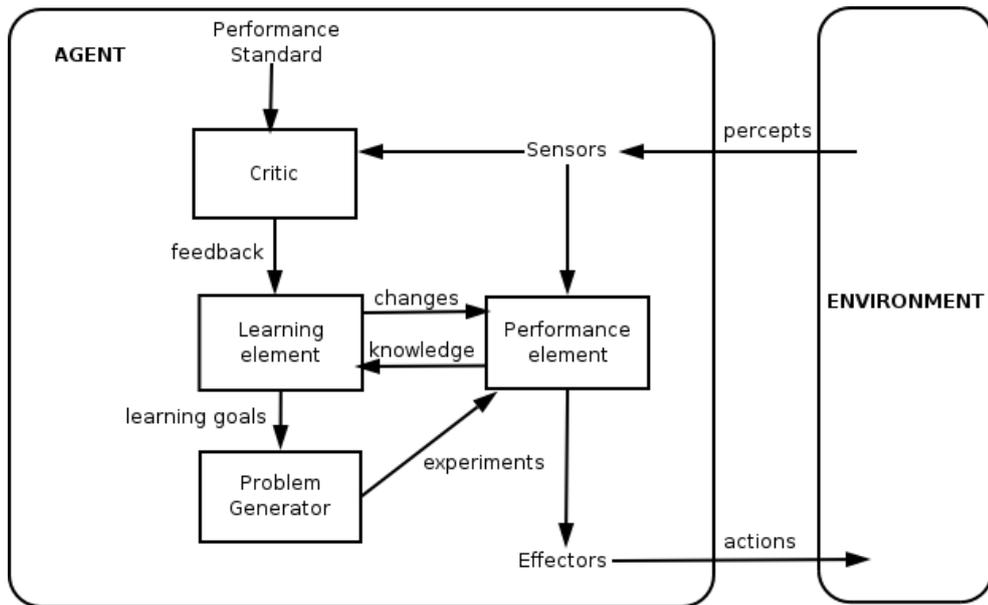


Figure 3 : Modèle multi-agents générique

Élément	Traduction dans notre proposition
Agent	1 Agent = 1 Compétence
Critic (performance standard, feedback)	Système d'évaluation
Learning Element (feedback, learning goals)	Evolution de l'apprentissage par les évaluations (cf. mode apprentissage plus loin) influant sur les choix des ressources (experts) à mettre en regard de la réalisation de l'objectif et le « niveau de compétence » de la ressource.
Problem Generator (learning goals, experiments)	Présentation de la ressource la plus apte à exercer la compétence pour la meilleure réalisation possible de l'objectif
Performance Element (change, knowledge)	Evolutions liées aux évaluations pour les triplets (Compétence, Acteur, Objectif)
Sensors (percepts)	Requêtes issues d'autres Agents, en particulier d'un agent compétence associé à un objectif d'un projet de développement durable, modifications environnementales
Effectors (actions)	Emission de signaux vers autres agents (appel à d'autres compétences), déclenchement de la demande d'évaluation, etc.

Figure 4 : Modélisation multi-agents

Un point important de cette modélisation centrée compétence est que chaque compétence doit avoir une vie propre. En particulier, nous envisageons une véritable évolution des compétences qui doivent pouvoir passer d'un stade primaire relativement instable avec une grande capacité d'apprentissage, à un stade plus évolué où l'interaction avec les autres compétences est plus directe.

5. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

5.1 Les travaux en cours

L'objectif est de définir un système multi-agents efficace pour répondre au besoin de partenariat entre les acteurs, en se basant sur un pilotage par les compétences et non par les acteurs. Nous avons choisi de distinguer deux parties :

- Dans un premier volet, il s'agira de construire un système d'information où chaque compétence sera modélisée sous la forme d'un Agent et de vérifier le bon fonctionnement du système, de manière concrète, dans le cadre d'un projet de développement durable au travers d'un système appelé "bourse de compétences". Ce système d'information évolutif constituera un réseau d'expertises accessible à tous les partenaires d'un projet de développement durable. Nous nous appuyons pour ce faire sur le Framework de développement informatique JADE (Bellifemine *et al*, 1999) qui est basé sur le protocole FIPA (FIPA, 2002) de communication inter-agents.
- Le second volet consistera à modéliser et simuler les interactions entre les compétences dans le but d'identifier le scénario le plus efficace qui permette d'optimiser le déroulement d'un projet en phase conception, puis en phase de réalisation et de suivi.

L'implémentation du modèle proposé est en cours. Les principes, illustrés à travers une version simplifiée permettant à l'utilisateur d'ajouter des acteurs et des compétences, ont déjà été validés par le Conseil Général. Nous espérons montrer les premiers résultats avec le modèle complet très bientôt.

5.2 Perspectives de recherches théoriques futures

Nous avons identifié plusieurs axes de recherche concernant l'optimisation des méthodologies applicables au modèle théorique proposé :

- Etude des règles comportementales des agents compétences
- Approfondissement des relations entre les agents compétences
- Amélioration du processus décisionnel des agents
- Définition formelle des critères de mesure d'efficacité et/ou d'efficience du système

Nous espérons présenter les premiers résultats de notre modélisation très prochainement.

REFERENCES

Bellifemine F., Poggi A. and Rimassa G. (1999), «JADE – A FIPA-compliant agent framework», 4th International Conference on Practical Application of Intelligent Agents and Multi-Agent Technology (PAAM-99), London, UK.

Bardou M. (2011), "De la stratégie à l'évaluation : des clés pour réussir un Agenda 21 local", Collection « Références » du Service de l'Économie, de l'Évaluation et de l'Intégration du Commissariat Général au Développement Durable, décembre 2011.

Boutte J.L. (2009), "De Taylor au K.M., quelle(s) approche(s) de la compétence ?" in Boutte J.L. & Mallet J. (dir) : La compétence et les nouveaux enjeux de la professionnalisation. "Questions Vives" n°10 Université de Provence - éditeur.

Calut L. (2005), "La définition et la sélection des compétences clés", résumé du projet Definition and Selection of Competencies de l'OCDE, disponible à l'adresse <http://www.deseco.admin.ch/>, dernier accès mars 2012

CG33 (2011), "Panorama des Agendas 21 locaux en Gironde", 2^{ème} édition, avril 2011, document collectif du Conseil Général de la Gironde, disponible sur Internet au 1^{er} avril 2012: http://www.gironde.fr/cg33/jcms/c_38305/panorama-des-agendas-21-locaux-en-gironde-edition-2011.

Dortier J.F. (2006), "Des fourmis à Internet. Le mythe de l'intelligence collective", Sciences Humaines N°169, Le dossier sur « L'intelligence collective », mars 2006, p.34-39.

Espinasse B. (2008), "Coordination et Négociation dans les systèmes Multi-Agents", l'Université d'Aix-Marseille.

Ferber J. (1999), "Multi-Agent Systems. An Introduction to Distributed Artificial Intelligence", Addison Wesley, London.

FIPA (2002), "Foundation for Intelligent Physical Agents - Abstract Architecture Specification (Standard Version)", publication des Technical Committee de la FIPA, Geneva, Switzerland.

Grundstein M. (2006), "Le knowledge management ou comment gérer les connaissances", Revue Problèmes Economiques, éditeur La Documentation Française, n° 2894, Paris.

Gutknecht O., Ferber J. and Lieurain E. (1998), "Des modèles hétérogènes de simulation par systèmes multi-agents", actes de la conférence SMAGET'98 - Modèles et Systèmes Multi-Agents pour la Gestion de l'Environnement et des Territoires, Cemagref, Clermont-Ferrand.

Kraus S. (1997), "Negotiation and cooperation in multi-agent environments. Artificial Intelligence", vol. 94, n°. 1-2, p.79-98.

Ledru M et Michel S. (1991), "Capital Compétence dans l'Entreprise. Une approche cognitive", ESF éditeur, Paris.

Lee L.C., Ndumu D.T., Nwana H.S. (1998), "ZEUS - An Advanced Tool-Kit for Engineering Distributed Multi-Agent Systems", in Proceedings of the Practical Application of Intelligent Agents and Multi-Agent Systems, p. 377-392, London..

Mallet J. (1994), "L'Entreprise apprenante, de l'organisation formatrice à l'organisation apprenante en passant par les théories de la complexité", Oméga Formation Conseil Editeur, Aix-en-Provence.

Mallet J. (2007). "Intelligence collective, équipe apprenante et TICE. Les problèmes culturels sous-jacents", actes du Colloque TICE Med, Mai 2007, Marseille.

Mano J.P., Gleizes M.P., Glize P. (2005), "Résolution émergente et collective de problèmes par systèmes multi-agents: principes et applications", traitement du signal, vol. 22, n°4, p. 375-391, 2005.

Mansour S. Ferber J. (2007), "Un modèle organisationnel pour les systèmes ouverts déployés à grande échelle", actes des Journées Francophones sur les Systèmes Multi-Agents. Carcassonne, 2007.

Prax J.Y. (2000), "Le guide du knowledge management", Dunod, Paris.

Russel S. and Norvig P. (2003), Artificial Intelligence: A Modern Approach, Prentice Hall.