Université Jean Moulin Lyon 3

École doctorale : Sciences économiques et de Gestion

Un Système multi-agents comme outil d'intermédiation pour les Communautés de Pratiques

par Clauvice Viliane KENFACK DONGMO

thèse de doctorat en Informatique

sous la direction de Danièle BOULANGER

Présentée et soutenue publiquement le 4 juin 2010

Membre du Jury

Danielle BOULANGER, Professeur des Universités, Université Jean Moulin Lyon 3

François Xavier De VAUJANY, Professeur des Universités, Université Paris Dauphine

Pierre MARET, Professeur des Universités, Université Jean Monnet Saint-Etienne,

Sylvie LAINÉ - CRUZEL, Professeur des Universités, Université Jean Moulin Lyon 3

Gilles DUBOIS, Maître de Conférences, Université Jean Moulin Lyon 3

Cécile FAVRE, Maître de Conférences, Université Lumière Lyon 2

Résumé

Dans cette thèse, nous proposons la réalisation d'un système d'intermédiation à base d'agents pour favoriser l'émergence des connaissances dans les communautés de pratiques (CoPs). Pour cela nous utilisons comme base le concept de CoPs, d'émergence, d'intermédiation, ainsi que de la technologie des Systèmes multi-agents.

L'objectif général du système est de favoriser la coopération entre les membres partageant cette connaissance. Un intérêt est porté aux agents cognitifs, en particulier quand ceux-ci traitent des problématiques de gestion des connaissances. Les systèmes multi-agents possèdent des spécificités intrinsèques, qui nécessitent la mise en place d'une démarche méthodologique originale intégrant tant la facette organisationnelle qu'individuelle et les outils technologiques de l'entreprise (outils utilisés par les membres appartenant à la communauté), pour proposer des méthodes d'ingénierie des connaissances basées sur des modèles conceptuels de coopération entre agents adaptés au contexte.

Une approche théorique de la notion de coopération, et de la manière dont celle-ci se déroule au sein d'une communauté de pratiques, que nous différencions d'une communauté virtuelle est abordée.

Partant d'une analyse de besoins du futur système à partir de plusieurs études de cas, nous avons déduit les spécificités fonctionnelles et techniques à prendre en compte dans la réalisation du système. Nous avons été amené à explorer la manière dont les agents cognitifs permettraient d'aborder le processus de diffusion, de partage et d'échange de connaissances à travers les dispositifs technologiques utilisés par les membres de la CoPs.

Puis par la suite nous avons défini plusieurs phases dans le processus de développement de notre système. Ces phases partent de l'identification à l'analyse pour aboutir à la conceptualisation du système. Le cœur du travail a consisté, après l'identification des besoins, à spécifier dans la phase d'analyse les modèles susceptibles de répondre aux besoins du système à développer. Ainsi cette phase comporte le modèle organisationnel qui regroupe le modèle de connaissances et le modèle de rôle et le modèle SMA qui lui regroupe le modèle agent et le modèle de communication.

En définitive nous débouchons sur la représentation d'un modèle générique basé sur une plateforme agent et qui sera caractérisé par l'introduction de plusieurs « agents d'intermédiation » assurant à différents niveaux, tant la collaboration que la coopération entre les membres de la communauté.

Mots-clés : Knowledge Management, Communauté de Pratiques, émergence, intermédiation, Coopération, Systèmes multi-agents, Jade, Wade.

Remerciements

Je tiens tout particulièrement à remercier :

- Madame Danielle Boulanger, directeur scientifique de l'équipe MODEME, non seulement pour avoir accepté d'encadrer mon travail de recherche, mais pour la confiance indéfectible qu'elle m'a témoignée en permanence, pour ses multiples encouragements, sa patience, pour ses conseils, ses recommandations, mais aussi pour m'avoir inculqué le goût de la recherche en Informatique.
- Monsieur Gilles Dubois pour son implication dans le choix des propositions effectuées ainsi que dans la relecture de cette thèse. Ses remarques et ses conseils ont contribué à apporter clarté et lisibilité dans ce document.

Mes remerciements s'adressent également à Monsieur François Xavier De Vaujany Professeur Université Paris-Dauphine et Monsieur –Pierre MARET Professeur Université de Saint Etienne qui ont accepté d'être les rapporteurs qui ont accepté d'valuer ce travail.

Je remercie également Mmes Sylvie LAINE, Professeur à l'Université Lyon –Jean Moulin et Cécile FAVRE Maître de Conférences Lyon 2, d'avoir accepté de siéger au jury de cette thèse.

Je souhaite, enfin, remercier très chaleureusement et amicalement diverses personnes.

Un grand remerciement à Mina ZANI, Leslie Huin à qui j'adresse mes encouragements dans leurs travaux de thèse et à Nicolas Faure mes encouragements dans ses recherches.

J'exprime ma gratitude aux membres actuels l'équipe MODEME - Guilaine Talens, Caroline Wintergerst, Eric Disson, ainsi qu'aux membres du Centre de Recherche de l'IAE : « anciens » et « nouveaux » que j'ai eu le plaisir et l'honneur de côtoyer : Olivier Brunel, Yasmine Boughzala, Hela Chebbi, François Bonicalzi, Myriam Bellaouaied**,** Martine Chorein.

Un remerciement tout particumier à Mr Rémy Gasquet qui m'a témoigné un soutien sans faille tant sur le plan personnel que professionnel.

Je ne finirais pas sans remercier mes parents : sans leur soutien tant matériel que moral, je n'aurais pu réaliser cette lourde tâche, sans oublier mes frères, sœurs et mes ami(e)s pour leurs encouragements et leur disponibilité sans faille tout au long de ce processus de thèse.

Enfin, je termine par une pensée très affectueuse pour mon fils Rayan Levy qui est arrivé pendant la rédaction de cette thèse.

[Dédicace]

A *Rayan* *Levy*

L’amour de ma vie

Introduction Générale

1. Problématique

Le développement d'internet et du Web a augmenté la complexité des systèmes par les différents niveaux d'interaction (entre sources d'information et de connaissances, entre systèmes et utilisateurs), par l'offre de volumes importants d'informations hétérogènes et distribuées qui nécessitent de nouveaux outils de recherche et d'extraction de l'information pertinente, sûre et fiable (Boulanger et Dubois, 1998). Pour cela, les organisations mettent en place de nouveaux modes de travail capable de fédérer les professionnels autour d'un ou plusieurs sujets faisant appel à leurs compétences propres telles que les Communautés de Pratiques (CoPs). La CoPs constitue un lieu d'échange et de partage de connaissances nécessaires et indispensables pour la survie des entreprises.

Ce travail offre une réflexion destinée à concevoir un système dont la finalité est de favoriser l'émergence et la création de connaissances au sein des CoPs.

On remarque alors qu'au sein des CoPs les interactions s'opèrent soit à travers des outils technologiques (forum, liste de discussion, wiki, plateforme de communication) ou soit face-à-face. Ces échanges englobent les notions d'acquisition, de partage et d'émergence de connaissances, et nécessitent la mise en œuvre de processus d'interaction et de communication. Selon le fondateur de ce concept (Wenger, 1998), les CoPs sont les *« ressources en connaissances les plus versatiles et dynamiques des entreprises en ceci qu'elles (CoPs) forment la base de la capacité cognitive et d'apprentissage des organisations »*. Certains auteurs comme Brown et Duguid (Brown et Duguid, 1998) voient dans les CoPs un lieu privilégié pour la création, la maintenance et la reproduction de connaissances.

Le problème qui se pose alors est que parfois les échanges sont mal structurés, les informations échangées ne respectent pas une procédure définie au préalable, les outils utilisés pour la plupart des communautés ne facilitent pas la codification et la matérialisation des informations sous forme de réelles connaissances. On s'aperçoit aussi que parfois si les sujets abordés ne relèvent pas d'une problématique précise on assiste à une démotivation de certains membres. Un autre point important porte sur le rôle du modérateur ; on constate que très souvent il ne détient pas les outils nécessaires pour gérer le flux d'informations à la survie et au bon fonctionnement de la communauté. Face à cette exigence, nous proposons un modèle de coopération qui tient compte tant des outils utilisés

dans les CoPs que des besoins des membres évoluant dans cette communauté pour construire un tel système.

Nos travaux de recherche sont centrés sur les problèmes de collaboration, de coopération entre participants pour le partage, l'échange et pour arriver à faire émerger des connaissances au sein d'une CoPs, à travers un système d'aide. Nos travaux se situent dans le domaine de la gestion des connaissances et celui des SMA pour concevoir un système d'aide adapté, et distribué à chaque participant à la communauté.

2. Contexte de la thèse

L'explosion de la technologie Internet et des réseaux a contribué à bouleverser bon nombre d'habitudes établies dans les entreprises depuis plusieurs décennies. Les documents papiers échangés de mains en mains, laissent progressivement place aux documents électroniques transmis automatiquement par des machines sans prendre en considération les facteurs humains tels que les notions de groupe (les individus sont isolés face à leurs postes de travail), les niveaux de responsabilité ou même la coopération homme-machine. On s'aperçoit alors que des structures organisationnelles existent et qu'elles peuvent aider à répondre à une telle problématique. Dans ces structures nous relevons un grand nombre de types de communautés, parmi elles les communautés de pratiques dont les activités consistent pour la plupart en la création, la gestion, l'échange et le partage de connaissances entre acteurs. L'analyse et la conception d'un système d'aide au travail coopératif, reposant sur une organisation multi-agents, font l'objet de cette thèse.

L'intérêt d'utiliser les avantages du paradigme agents vient du fait que ce champ de recherche tente de croiser et fertiliser le Knowledge Management (KM) et le champ de recherche des agents (Brown J.S. and Gray E.S, 1995). Très souvent les agents sont utilisés dans des environnements dynamiques où leurs activités et raisonnements sont déterminés par la perception des conditions de l'environnement dans lequel ils se trouvent. Comme les SMAs, les environnements de KM (tel que les CoPs) peuvent être vus comme des systèmes distribués au sein desquels différents acteurs interagissent pour accomplir leurs objectifs propres ou réaliser des objectifs organisationnels. Les habilités pour négocier et communiquer sont primordiaux dans ce type d'environnements. En outre le nombre et les comportements des participants ne peuvent pas être fixés a priori et le système peut être amené à s'étendre et à changer durant l'opération, que ce soit en nombre de participants qu'en termes de quantité de connaissances partagées. L'utilisation des technologies agents est motivée par les observations suivantes :

- Le domaine des CoPs fait appel à une distribution inhérente de source, les responsabilités et les capacités de résolutions de problèmes (application de l'autonomie et des capacités sociales des agents).
- L'intégrité de la structure organisationnelle et l'autonomie des participants ont besoin d'être maintenues (utilisation de la nature autonome des agents)
- Les interactions dans l'environnement des CoPs sont assez compliquées si l'on inclut la négociation, le partage des informations et la coordination (ce qui requiert les compétences sociales complexes dont les agents sont dotés).

Par ailleurs, les agents peuvent aider à modéliser d'une part la structure organisationnelle en prenant en compte les aspects du KM de l'entreprise, et d'autre part ils peuvent permettre l'émergence et la création de connaissances.

Les modèles et méthodes des SMA peuvent être utilisés pour supporter et étendre les fonctionnalités des utilisateurs humains. Ils sont aussi utilisés comme contrepartie virtuelles des sociétés et des organisations réelles pour faciliter le processus de conception. Ces dernières permettent ainsi de réduire la distance conceptuelle entre le système et les applications qu'ils doivent modeler.

En partant de l'hypothèse que le savoir spécialisé est devenu trop complexe pour qu'un seul être humain puisse maîtriser en totalité plusieurs champs à la fois, notre perspective est de proposer en plus du système d'aide, une façon d'organiser, de matérialiser et de capitaliser les connaissances générées par les interactions des participants.

2.1 Le Knowledge Management (KM) et les Communautés de pratiques (CoPs)

La gestion des connaissances fait référence à un processus de gestion informatisée des documents / données, ainsi que des connaissances échangées au sein d'une organisation. L'une de ses finalités est le partage des connaissances disponibles dans une organisation et l'accroissement des compétences et des connaissances des personnes qui y travaillent. Elle intègre le traitement de connaissances, s'intéresse aux principes, aux modèles, aux théories, aux processus ou aux méthodes, portant sur les connaissances tacites des experts, sur les opérations et les principes de décision qui en découlent. De telles démarches s'inscrivent dans un courant de pensée constructiviste où la communication est vue comme un processus dans lequel l'acteur est sujet.

La forte utilisation des technologies actuelles (les Intranets d'entreprise, les outils de veille, l'intelligence économique, le travail collaboratif, la gestion électronique de documents, les bases de connaissances ; les forums ou encore la gestion des compétences et le e-Learning) offrent la possibilité de traiter de façon rapide et sophistiquée l'information (Bournois & Romani, 2000), (Wielinga, 1993) (Paraponaris, 2000 ; 2003) : Autrement dit tout ce qui relève des systèmes d'information modernes (Rosentahl-Sabroux : 2004, Le Moigne : 1990, Reix : 2002, Habhab : 2007 ; 2009). Bref, ces systèmes traitent la connaissance comme un objet destiné à être stocké et transféré. La connaissance est située et est fortement corrélée au contexte dans lequel elle émerge, c'est-à-dire qu'elle est liée au sujet qui lui donne une interprétation pour l'action (Zacklad 2001 ; Ermine, 1996). D'après Grundstein (Grundstein, 1995) le KM englobe trois composants essentiels :

- Favoriser les processus organisationnels permettant d'accroître les connaissances individuelles au niveau collectif et par la même de capitaliser les connaissances. Ce travail de capitalisation cherche à répondre à la problématique de gestion de connaissances
- Développer des actions de réutilisation des connaissances (information search and retrieval, intelligent agents, Knowledge discovery etc..), de retour d'expérience (REX, case based reasoning, MEMOREX.) et des entrepôts de données (Knowledge based system, data warehouse)
- Rendre les connaissances compréhensibles par tous en s'appuyant sur la construction des ontologies en utilisant différent types de technologies (Intranet, Groupware, Workflow).

Quels que soient les outils du Knowledge que l'on souhaite mettre en œuvre, l'objectif poursuivi est de les concevoir en s'appuyant sur les stratégies de l'entreprise et ce dans le but d'apporter des bénéfices à l'entreprise. La gestion de ce type de connaissances n'a de sens et apporte une véritable valeur que si elle comprend les pratiques et offre des résultats concrets. L'un de ses objectifs principaux consiste à fournir un environnement propice à un partage optimal des connaissances entre ressources (qui peuvent être aussi bien des personnes ou des machines). D'après Nonaka (Nonaka, 1991) le partage des connaissances (soft ou hard Knowledge) se fait essentiellement par l'articulation et la socialisation. Pour (Sierhuis et Clancey, 1997) et (Wenger, 1998) la connaissance que l'on stocke la plupart du temps n'est qu'une partie du schéma de représentation de la connaissance et que le savoir est la chose primaire que l'on acquiert en participant à la vie d'une communauté. Les connaissances qui sont mobilisées au sein des CoPs sont le produit de la cognition collective, étant entendu ici qu'elle implique des interactions à travers trois éléments : les capacités individuelles d'un agent humain, la connaissance partagée et leur structure de communication. Ce qui revient à évoquer : une entité collective donnée, une entreprise ou une communauté, susceptible d'apprendre,

d'avoir une mémoire, de faire des expériences, des choix, de prendre des décisions, d'agir, etc. et au final d'être dotée d'une cognition individuelle (Andreewski, 1998). Les processus collectifs d'apprentissage, de conception, de décision quels que soient les métiers, les spécialités, les fonctions concernés et la nature des connaissances nécessaires à l'exécution des tâches permettent d'édifier une mémoire partagée. D'après Pierre Lévy (Levy, 1991), *« le savoir de la communauté pensante n'est plus un savoir commun (individuel), car il est désormais impossible qu'un seul humain, ou même un groupe, maîtrise toutes les connaissances, toutes les compétences, c'est un savoir collectif par excellence »*.

Ainsi dans le domaine du KM l'objectif de la formalisation des connaissances est d'obtenir des connaissances explicites pour les diffuser auprès du plus grand nombre de collaborateurs afin que ces derniers puissent prendre des décisions en toute connaissance de cause. Ce qui n'est pas le cas dans le domaine de l'intelligence artificielle (IA), où si l'objectif est également d'expliciter les connaissances, c'est avant tout pour en faciliter la «codification». Les connaissances codifiées peuvent être de plusieurs natures : les connaissances actionnables, l'intelligence collective, connaissances collectives et les connaissances individuelles.

Le fonctionnement de la communauté permet ainsi de favoriser la participation avec pour conséquence, l'investissement, les efforts et la créativité des individus (Anderson et West, 1998). Le concept de connaissance collective est une réponse utile pour la mesure de l'efficacité des communautés de pratiques dans l'entreprise, c'est cette connaissance qu'on désigne par connaissance organisationnelle, étudiée en stratégie dans l'approche par les ressources où s'inscrivent le courant de la « *Resource-based view* » (Wernerfelt, 1984, Barney, 1991). L'intelligence collective se développe aussi par l'apprentissage en petits groupes, elle émerge des interactions ou des articulations entre acteurs d'une CoPs, on peut aussi l'aborder en termes d'articulations émergentes ou une résultante. Pour Glynn (Glynn, 1996) *« l'intelligence collective émerge à partir de la coopération et de la synergie existant entre les intelligences individuelles »,* et si on l'aborde en terme d'interaction, dans ce cas on parlera de *« résultat de la rencontre entre l'organisation et l'environnement au travers de l'interprétation qui crée et définit un langage et un mode de coordination entre les personnes »* (Ribette, 1996). En résumé l'intelligence collective *« est faite d'intelligences individuelles, mais elle n'en est pas la simple combinaison, encore moins l'addition : on ne peut la déduire simplement de celles-ci, même si elle peut changer quand celles-ci se modifient »* (Mack, 1998). Pour Besson (Besson, 2002), *« l'intelligence collective est un multiplicateur des intelligences individuelles de l'entreprise »*.

Les connaissances individuelles (connaissance qui se trouve enracinée dans chaque individu, qu'elle soit tacite ou explicite) et collectives sont intéressantes car elles sont le résultat des coopérations entre acteurs appartenant à un groupe ou une communauté. Les connaissances collectives ne sont pas seulement une addition des connaissances individuelles, mais plutôt un ensemble coordonné de savoirs, de comportements et de pratiques, etc. (Bruneau et al, 1992). Elles constituent les connaissances de base d'une entreprise et/ou d'une communauté. Ces connaissances peuvent aussi être adaptées dans des contextes de coopération au sein des environnements communautaires, il s'agit en effet de les ordonnancer et de les coordonner en vue de les capitaliser. En prenant appui sur les travaux de Boughzala (Boughzala, 2004) nous pouvons distinguer en fonction du contexte dans lequel les CoPs évoluent plusieurs types de connaissances:

- Les connaissances fonctionnelles : Celles à partir desquelles des coopérations peuvent prendre naissance,
- Les connaissances stratégiques : Ce sont des connaissances utilisées pour atteindre les objectifs de la communauté, quel est le but des échanges ?
- Les connaissances opérantes ou connaissances expertes : Celles qui sont basées sur les connaissances métiers de chaque participant de la communauté, dispositifs dont ont besoin les participants pour engager une coopération.

Ces différentes catégories sont prises en compte pour guider l'élaboration d'un référentiel de connaissances.

2.1.1 Référentiel de connaissances

Par référentiel de connaissances on entend ici *« un regroupement de termes en fonction d'un contexte et d'un domaine partagé par un groupe, un service utilisé au quotidien pour signifier, désigner, représenter un objet dans la réalisation des tâches ou projet, et enfin la résolution d'un problème* ».

Les ***référentiels de connaissances*** sont constitués en corpus d'éléments de connaissances qui recouvrent un domaine de connaissances ou un domaine d'actions, partagés entre acteurs humains. Il permet ainsi d'organiser l'information selon les sources et les éléments de connaissances qui aident à expliciter une connaissance tacite (actionnable) (une donnée informative jugée utile, une trace de raisonnement, etc.). Chaque domaine de connaissances permet de construire un référentiel qui dépend de la problématique abordée dans un groupe de travail ou dans une CoPs. Selon la nature de

la dynamique collective, un référentiel peut comporter différents niveaux organisés autour du niveau fondamental qu'est la base d'éléments de connaissances (Zara, 2004).

Afin d'organiser les connaissances issues des multiples interactions et de la meilleure façon que ce soit, plusieurs dispositifs ont été développés et existent dans la littérature (en exemple les systèmes à base de connaissances). Pour que ces dispositifs soient efficaces, une définition préalable d'un ou de plusieurs référentiels de connaissances est nécessaire, sur lesquelles les échanges sont construits pour permettre aux participants lors de leurs échanges d'avoir une compréhension commune et de parler un langage commun. Enfin pour rendre ces connaissances utilisables, l'ingénierie des connaissances met à disposition ses services.

2.2 Ingénierie des connaissances

Discipline ayant une place aussi importante dans le domaine de l'intelligence artificielle(IA) et du Knowledge Management (KM), elle propose des modélisations et des conceptions de systèmes de connaissances ou à base de connaissances qui fournissent des techniques permettant l'acquisition des connaissances. Elle peut être définie comme *« l'étude des concepts, méthodes et techniques permettant de modéliser et/ou d'acquérir les connaissances pour des systèmes réalisant ou aidant des humains à réaliser des tâches se formalisant a priori peu ou pas »* (Charlet et al, 2000).

Dans cette optique nous présentons des outils d'aide à la gestion des connaissances qui pourraient servir d'élément d'éclairage à la modélisation d'une base des connaissances.

2.2.1 Approches et méthodes à base de connaissances

Les méthodes à base de connaissances fournissent des techniques qui prennent en compte l'état mental des agents, et disposent d'une librairie d'outils pouvant être utilisées. Cependant, ces méthodes ne peuvent pas modéliser le comportement social des agents dans un SMA. Par ailleurs, il existe des méthodes de modélisation de systèmes lesquels prennent en compte les aspects de gestion de connaissances. Par exemple, la méthode CommonKADS (Breuker et al. 1994 ; Schreiber et al. 2000) et La méthode CoMoMAS (Nobert, 1996).

2.2.2 Les systèmes d'information pour la gestion des connaissances

Actuellement, le système d'information automatisé (SIA) se perçoit comme un ensemble de composants (plus ou moins autonomes, souvent préexistants) qui travaillent de manière synergique en échangeant des informations, expertise et en coordonnant leurs activités (Boulanger, 1995). Le

rôle des systèmes d'informations a au cours des dernières années évolué de support à une fonction spécifique et pour un ensemble d'utilisateurs, à celui de collaboration et de soutien des processus d'affaires dans un environnement décentralisé, distribué (Verharen, 1997). Les méthodes et outils SI sont couramment utilisés comme support et un grand nombre de packages et de solutions sont fournit pour contribuer à résoudre les problèmes de KM rencontrés par les organisations. Les solutions de KM proposées dans les organisations pour supporter les processus de gestion de connaissances permettent de gérer les connaissances véhiculées en son sein (Gandon, 2001) pour créer de nouvelles connaissances.

L'utilisation des SI en KM porte principalement sur la représentation efficace et l'utilisation des connaissances explicites. En outre, la quantité des informations disponibles augmente à un rythme effréné, et cela nécessite du temps pour retrouver des informations pertinentes, à partir desquelles des connaissances pertinentes sont créées. Ceci accroît la nécessité d'avoir des systèmes capables de soutenir les participants dans leurs tâches complexes. Parmi ces systèmes on peut compter les systèmes experts, les systèmes d'aide à la décision les systèmes de gestion de Workflow ainsi que des systèmes d'informations visant à appuyer les efforts de gestion des connaissances au sein d'une organisation : les systèmes de gestion documentaires (SGD), Groupware, Intranets et Extranets (Schmid, Stanoevsk - Slabeva, 1995).

2.2.3 L'organisation des connaissances dans les SI

L'organisation des connaissances est liée aux systèmes d'information. L'utilisateur est généralement considéré comme vecteur de connaissances lié à son contexte. Les connaissances organisationnelles ne sont pas directement gérées par le système. La gestion des connaissances implicites nécessite d'avoir des aptitudes à utiliser le système d'information. En outre, les nouveaux systèmes d'information tels qu'Internet et les Intranets ne facilitent pas le comportement organisationnel: ils fournissent de plus en plus avec le Web des informations et des connaissances complexes, dans un environnement changeant, ouvert et dispersé. Bien que l'environnement traditionnel des systèmes d'information puisse apporter un soutien aux travailleurs de la connaissance dans leur tâche quotidienne, ces environnements nécessitent d'intégrer les processus de coopération dans les aspects de la connaissance tel que l'utilisation et l'ajout des sources de connaissances (Staab, Schnurr, 1999). A un niveau élevé, les Frameworks distribués en informatique ont été développés pour supporter les systèmes informatiques distribués dans des environnements hétérogènes et fournissent un langage de description d'interface et des services qui permettent de définir, de situer et d'invoquer des objets distribués. Ces cadres sont définis et sont bien adaptés au niveau de la communication des données.

Mais ces communications présupposent un environnement relativement stable et une certaine compréhension commune.

Pour cela la mémoire organisationnelle vient en réponse à cette forte demande. Elle représente un puissant concept qui a été créé et mis en œuvre au sien des environnements de gestion des connaissances. Idéalement, une mémoire organisationnelle peut être considérée comme un système d'information coopératif : un espace de significations, des terminologies, des pratiques, des normes culturelles, et de valeurs partagées dans un réseau orienté essentiellement humain artificiel à l'intérieur duquel les agents et les technologies jouent un rôle important de soutien (Gammack, 1998). Ce point de vue implique une extension de la notion de systèmes d'information, et de la technologie, où les humains sont considérés comme un système cognitif total (Gandon, 2002). De cette manière, une mémoire organisationnelle peut être vue comme un système cognitif c'est-à-dire *« un système complexe de traitement de l'information qui perçoit, résout les problèmes, apprend, et communique »*. Les systèmes cognitifs évoluent naturellement ou peuvent être conçus intentionnellement, ou les deux, (Webster, 1995). Un tel système de mémoire organisationnelle soutient activement les utilisateurs travaillant sur des tâches à forte intensité de connaissances en leur fournissant toutes les informations nécessaires et utiles pour l'accomplissement de cette tâche. L'environnement de gestion des connaissances s'appuie sur une modélisation explicite des processus d'affaires (les modèles de procédés commerciaux et les systèmes de gestion de Workflow.)

Toutes ses approches montrent bien la complexité des systèmes de gestion de connaissances due au fait de la nature de nombreux processus dans le monde d'aujourd'hui distribué. Ces systèmes doivent leur aspect distribué aux connaissances impliquées dans leurs processus qui sont, elles mêmes distribuées. Différents systèmes (soit humain ou automatique) sont souvent responsables de différentes parties d'un processus: la combinaison des parties définit l'effet d'ensemble. Les utilisateurs s'attendent à une assistance à travers les applications qu'ils utilisent, les demandes doivent être intelligemment anticipées, adaptées, en recherchant activement les moyens d'aider les utilisateurs (Sycara et coll. 1998). Les technologies agents sont issues des développements conjoints de plusieurs domaines pour répondre à ces exigences. Les environnements des connaissances hétérogènes sont ouverts et peuvent changer rapidement au fil du temps. Parce que la connaissance est embarquée dans une multitude de sources différentes, les systèmes de gestion des connaissances doivent être en mesure de gérer les représentations des connaissances formelles et informelles, ainsi que les sources multimédia des connaissances hétérogènes. Les actifs de connaissances disponibles dans un environnement de gestion des connaissances sont plus que des systèmes d'information *« traditionnels »*. Ces actifs comprennent des informations structurées et non structurées, des

multimédias représentant des connaissances et les relations avec les personnes (la connaissance des cartes ou des pages jaunes, les répertoires personnels). Outre l'utilisation des sources de connaissances existantes, l'environnement doit être capable de créer (et stocker) de nouvelles connaissances basées sur l'observation des tâches de l'utilisateur (Leake et coll, 1999). Après une brève description des contours de la gestion des connaissances, plus particulièrement les types de connaissances susceptibles d'être créées dans les communautés.

2.2.4 Limites

On constate qu'ils n'existent pas ou peu d'outils ou d'environnements informatiques au service des communautés pour la résolution de problèmes dans le cadre de leur pratique. Il en découle alors qu'il n'est pas évident de matérialiser et de rendre accessible la connaissance crée lors des interactions pour la rendre accessible à ses membres (Charlier et al. 2006). De ce point de vue, nous relevons que l'utilisation des outils tels que les forums, les listes de discussion ne permettent pas à une communauté de se créer une identité ou bien de faire émerger de la connaissance. Certes, des outils existent pour communiquer et collaborer mais ne sont pas spécifiquement orientés sur l'activité des utilisateurs en leur fournissant un accès pour retrouver les traces des expériences passées en rapport au contexte de leur travail. De plus, les plateformes existantes se limitent parfois à la simulation des comportements d'un ensemble d'utilisateurs (MadKit) ou bien le développement des méthodes servant soit de base pour la mise en place d'une base de connaissances commune d'une entreprise (CommonKADS) ou se focalisant sur l'acquisition structurée de connaissances (MAS-CommonKADS).

Au regard de ceci, un certain nombre de questions peut nous interpeller :

- Quels types de rôles peut-on assigner au modérateur d'une communauté de pratiques par rapport au contexte dans lequel la communauté évolue pour arriver à mettre une organisation structurée pour gérer les connaissances crées ?
- Quels types de besoins peut-on en tirer et comment l'outil que nous souhaitons développer peut-il apporter des réponses à ces besoins ?
- Que peuvent attendre les membres d'une communauté de pratiques (en terme de fonctionnalités) à travers un système d'intermédiation afin qu'il réponde à leur besoin d'échange ?
- Quelles peuvent être les caractéristiques du système d'intermédiation ?

Dans la suite nous précisons les objectifs de la thèse et sa structuration.

3. Objectifs de la thèse

Le développement d'un système d'information répondant aux besoins d'un groupe de participants est une tâche complexe : l'instabilité dans laquelle les organisations sont plongées fait apparaître de plus en plus le besoin de développer de nouvelles techniques capables de gérer les connaissances échangées et véhiculées. Cette mouvance vient du fait que les organisations sont à la recherche de moyens appropriés pour capturer les connaissances.

Donc l'objectif premier de la thèse est de proposer un système d'aide à l'émergence de connaissances au sein des communautés de pratiques, répondant à un maximum de leurs besoins. Il convient d'analyser les besoins de ces membres, plus précisément d'analyser les flux d'activités entre les différents participants.

Notre deuxième objectif est de proposer une démarche de conception pour l'élaboration d'un système d'intermédiation destiné à la communauté de pratiques dont les besoins et les activités sont mal identifiés. La démarche adoptée s'appuie sur des théories et concepts existants permettant de comprendre l'activité des communautés de pratiques. Pour cela nous décrirons notre objet d'étude à travers un modèle organisationnel. Le paradigme multi-agents permettra de modéliser les interactions et les comportements dans les CoPs.

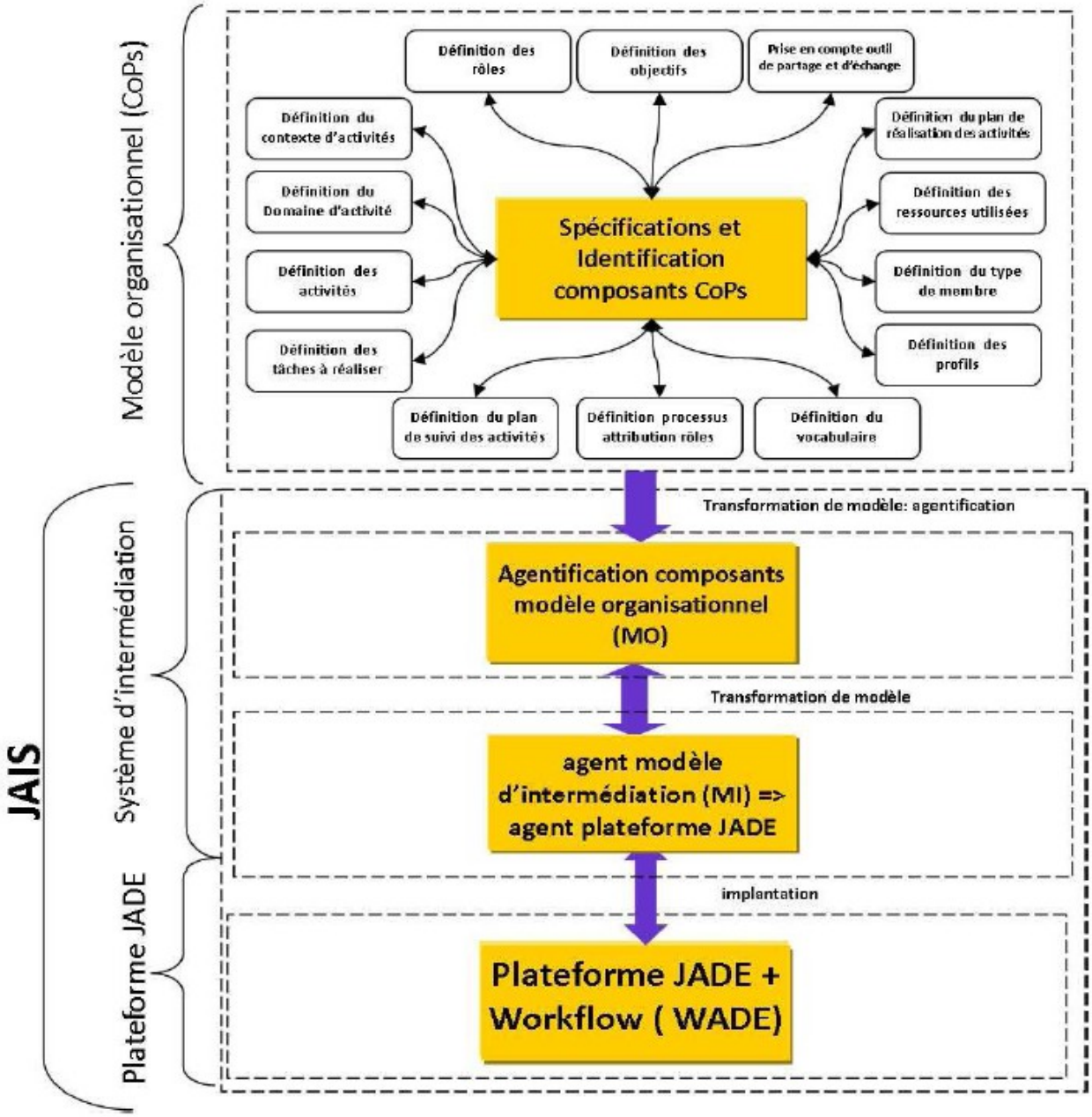
Le troisième objectif consiste à déterminer les spécifications de notre système d'intermédiation comme support aux activités des membres d'une communauté de pratiques plongés dans un contexte et un domaine précis.

Et enfin, le dernier objectif consiste à implanter notre système sur la plateforme JADE, plus concrètement à proposer une mise en œuvre des fonctionnalités requises au fonctionnement d'une CoPs en les élaborant à l'aide des avantages de la plateforme WADE (Workflow Agent DEvelopment Framework).

Une architecture à trois niveaux va être identifiée : le premier niveau comporte la description de la communauté de pratiques (le modèle organisationnel), le deuxième niveau représente une « Agentification » du niveau précédent à l'aide d'une modélisation agent, et du système d'intermédiation, quant au dernier niveau, il représente le niveau d'implémentation, et sera traité de façon générale à l'aide de la plateforme Jade et Wade. Donc ce processus consiste en une transformation de modèles du niveau conceptuel vers le niveau implantation sous forme d'agents logiciels.

Dans la suite une représentation des étapes de construction de notre système va être présentée.

Figure 1 : Etape de co-construction du système d'intermédiation



4. Structuration de la thèse

Les concepts mobilisés pour répondre à notre problématique seront présentés dans la **première partie** de ce travail. Nous montrerons dans quelle mesure l'étude et l'analyse de plusieurs (CoPs) peut permettre la mise en lumière des fonctionnalités nécessaires à la réalisation de nos objectifs.

Le **chapitre I** présente dans les structures d'organisation susceptibles d'aider à la spécification d'un système d'intermédiation. Nous définissons tout d'abord la structure générale des communautés, puis

nous établissons une comparaison entre différents types, puis une description de quelques cas pratiques centrés sur l'activité des acteurs de la CoPs est abordée ; de ces exemples un ensemble de fonctionnalités est retenue. Cette analyse conduit à l'établissement d'un modèle organisationnel générique.

Le **chapitre II** propose une présentation des systèmes multi-agents. Un tour d'horizon du domaine des agents logiciels et des systèmes multi-agents est effectué en étudiant plus particulièrement les travaux, dont la finalité est proche des besoins identifiés, ainsi que les méthodes pouvant être reprises. Ce chapitre présente le paradigme agent afin de donner les éléments du système d'intermédiation.

La **deuxième partie** de notre thèse s'intéresse au passage de l'analyse à la modélisation. Le design « orienté-agent » que nous développons dans la deuxième partie (Chapitre III & Chapitre IV) de ce travail peut s'appliquer à d'autres champs. Nous avons choisi de travailler sur un dispositif collaboratif et coopératif pour la gestion des activités de la CoPs, ciblé sur la coopération et les interactions.

Le **chapitre III** s'intéresse à la démarche de conception du système d'intermédiation. Ce chapitre décline la démarche d'analyse et de modélisation de JAIS (Jade Agent Intermediation System). Elle s'articule suivant deux points de vue :

- Le **modèle organisationnel** qui comprend le modèle de connaissances et le modèle de rôle et qui s'inspire de certains modèles de la méthode MAS-CommonKADS
- Le **modèle SMA** qui comprend le modèle de communication et le modèle agent qui est réalisé en s'inspirant de la méthode GAIA.

L'approche suivie recourt aux outils de conception et de programmation basés sur les concepts d'agents et de système multi-agents. Une justification est proposée pour démontrer les avantages de l'utilisation de la programmation orientée agent pour aborder la conception et la réalisation d'un système d'intermédiation. Un processus d'analyse des fonctionnalités d'un système d'intermédiation à l'aide d'une approche agent permet de définir un modèle SMA.

Le **chapitre IV** détaille un modèle « d'agent d'intermédiation » reposant sur la plateforme de conception JADE (Java Agent DEvelopment Framework) (Bellifemine, 1999). Ce chapitre débute par la présentation des mécanismes offerts par JADE et WADE ainsi que de leurs extensions par un dispositif permettant la communication entre les agents d'intermédiation et les agents JADE. Ensuite nous proposons un cadre applicatif à l'aide d'un exemple de faisabilité du système.

La conclusion générale effectuera un bilan du travail et propose quelques perspectives

Première Partie :

Cadre théorique et état de l'art

Chapitre I. Les Communautés de pratiques : Définition et Analyse

1. Introduction

Les nouveaux enjeux et la complexité croissante de l'environnement dans lequel évoluent les organisations les poussent à prendre conscience de l'importance des connaissances, capital précieux à gérer et à pérenniser.

L'éclatement géographique, le caractère multinational, sont des critères spécifiques au contexte actuel des organisations, critères qui doivent être intégrés dans la mise en place des processus organisationnels.

Pour cela, ces enjeux nécessitent la définition de nouveaux modes d'organisation centrés sur des acteurs apprenant, interagissant et communiquant, au sein de groupes restreints de collaborateurs. Les membres appartenants à différents groupes construisent une connaissance collective fondée sur l'échange, le partage et le développement de nouvelles idées en vue de résoudre des problèmes complexes qu'ils rencontrent au quotidien. Comme l'ont souligné Boersma et Stegwee (Boersma et Stegwee, 1996) « les connaissances d'une organisation sont le moteur du succès et devraient être managées de la meilleure façon que ce soit ».

Ce chapitre a pour objectif de présenter une analyse du concept des CoPs. Cette analyse permet de mettre en évidence un ensemble de caractéristiques à partir desquelles nous déduirons les fonctionnalités à mettre en œuvre dans notre système. Dans la première partie nous donnons une définition des CoPs sur la base de théories, des concepts liés tels que l'engagement collectif, la coopération, l'action collective et la négociation. Ensuite nous présentons quelques exemples de CoPs pour en dégager des caractéristiques. Par la suite, nous analyserons quelques supports qui ont été développés au service des communautés, pour mettre en évidence la relation forte qu'une CoPs

entretient avec les outils technologiques. De ce constat, nous déduirons les spécificités à mettre en œuvre dans la conception de notre support d'aide à la coopération pour permettre l'émergence de connaissances au sein d'un tel groupe.

Avant d'aborder l'analyse de notre objet d'étude, un tour d'horizon sur la notion de communauté est nécessaire pour montrer les points de dissemblance entre la notion de CoPs et les autres notions existantes.

2. Notion de Communauté

Ce terme pose un vrai problème de définition, comme l'illustre, en sociologie les nombreuses définitions contradictoires alimentant une certaine confusion (Boudon, Bouricaud, 1986). Malgré tous les usages qu'on en fait, ce terme revêt un *«caractère désordonné, difficile à cerner et porteur de confusion*» (Scherer Jacqueline, 1972). Il apparaît de façon récurrente dans l'actualité des débats concernant les aspects de coordination et de connaissances (Charbit, Fernandez, 2002). Selon ces auteurs *« La notion de communauté est un sujet d'intérêt croissant pour les chercheurs en sciences sociales : elle revient ainsi, et selon différents cheminements, dans l'actualité des débats concernant principalement les aspects coordination, connaissance et technologie »*. Cette notion *« traverse différents champs disciplinaires tels que le management des systèmes d'information, l'économie des biens d'information, l'économie de la connaissance, les analyses de l'apprentissage organisationnel »* (Charbit, Fernandez, 2002) entretient en général un lien avec les technologies de l'information et de la communication. Sa principale différence par rapport aux autres formes organisationnelles, porte sur la question de l'autonomie. En effet, ses membres s'auto-organisent, décident de leurs objectifs et désignent ceux qui en assureront la direction intellectuelle et humaine. Par ailleurs l'adhésion relève d'un choix individuel et les relations interpersonnelles sont volontaires, n'étant ni attendues, ni requises pour l'atteinte des objectifs économiques de l'organisation.

Les communautés de pratiques sont aujourd'hui au centre des préoccupations de nombreuses organisations basées sur des communautés virtuelles, (par exemple dans le cas du développement des logiciels libres), sur des communautés épistémiques, d'intérêt et de connaissances dans la perspective du « management de connaissances ». On considère que dans les communautés l'interaction entre les membres conduit à la construction des connaissances qu'on appellera connaissances émergentes (Nonaka et Takeuchi, 1995).

2.3 Une typologie des communautés

Pour certains auteurs le niveau intermédiaire entre le passage de l'apprentissage individuel vers l'apprentissage organisationnel est celui de la communauté (Creplet et al, 2001) au sein duquel la création de nouvelles connaissances peut survenir.

La distinction entre les communautés au sein d'une entreprise peut s'effectuer selon plusieurs critères. Chaque communauté est caractérisée par des traits spécifiques qui déterminent les manières dont cette communauté apprend et participe au développement et à l'expansion de la connaissance organisationnelle. Certaines d'entre elles sont plutôt orientées vers la création de connaissance et d'autres vers l'action ; certaines sont définies et contrôlées par des mécanismes hiérarchiques spécifiques, d'autres sont plus autonomes (Créplet, 2001; Créplet *et al*, 2001). L'objectif qu'elles poursuivent, les agents qui les composent, leur activité cognitive dominante, leur règle de recrutement, leur manière de produire de la connaissance, leur mode d'apprentissage dominant et ce qui maintient leur cohérence sont les éléments qui les rendent intéressantes. Ces éléments peuvent servir de base pour proposer des procédures de gestion et de supports à leurs activités. Les manières dont les routines sont expérimentées, explorées, reproduites au sein de l'organisation dépendent de la nature de la communauté qui active la routine.

Afin de clarifier les distinctions entre les communautés, nous exposons les caractéristiques des communautés « autonomes » (communautés épistémiques, communautés de pratiques, communautés de connaissances, communautés d'intérêt). Dans les communautés autonomes, la cohérence repose sur l'adhésion des membres à une passion commune ou à une autorité procédurale. Particulièrement ces communautés autonomes sont très importantes dans le processus de création de connaissance au sein des entreprises. Ce sont principalement, selon nous, ces communautés qui déclenchent le processus de création de connaissances. Elles se distinguent néanmoins l'une de l'autre dans la mesure où elles sont organisées pour produire différemment de la connaissance. Les communautés épistémiques (Cohendet et *al*, 2002a), sont structurées afin de produire délibérément de nouvelles connaissances, tandis que les communautés de pratiques développent de nouvelles connaissances de manière plus indirecte, à travers leurs pratiques quotidiennes et la circulation de « *best practices* ».

En dehors de ces communautés on distingue aussi les communautés virtuelles (Rheingold, 1993, 1995), les communautés d'action (Zacklad, 2003a), les communautés du savoir (Zacklad, 2003). L'ensemble de ces communautés est structuré comme une communauté sociale et selon le type de communauté, les éléments structuraux diffèrent, que ce soit au niveau de l'activité, du degré et de la

forme de participation, des buts, de la forme d'apprentissage, des formes de coopérations ou encore de la durée. Nous étudions ci-après les principaux types de communautés dans la littérature :

- Les **communautés épistémiques** est «un groupe d'agents individuels qui acceptent de collaborer afin d'examiner et de tenter de résoudre des problèmes cognitifs communs et a priori bien délimités auxquels ses membres sont confrontés » (Cowan et al. 2000). Le principe d'autorité procédurale[1] prime dans ces communautés tant pour l'organisation et l'établissement des processus d'échange d'informations et de création de connaissances. Ce principe est inexistant dans le fonctionnement des communautés de pratiques, on y voit plutôt une forme d'organisation basée sur la coordination spontanée des agents. La coordination spontanée dans un souci de bon fonctionnement, induit des règles comportementales, des protocoles de collaboration, des procédures de mobilisation, des ressources et une entité désignée ayant une personnalité reconnue basée sur ses compétences et la capacité à bien mener un projet cognitif. Les communautés épistémiques sont structurées autour d'un but à atteindre et d'une autorité procédurale fondée par elles-mêmes (ou avec laquelle elles ont été fondées) afin de réaliser cet objectif. Les notions d'autonomie et d'identité sont ainsi plus faibles que dans les communautés de pratiques. En raison de l'hétérogénéité des représentants, l'une des premières tâches des communautés épistémiques consiste à créer un codebook (Un « codebook » pour une activité cognitive donnée est composé d'un dictionnaire et d'un ensemble de règles de grammaires permettant l'usage efficace du dictionnaire (Cowan et al., 2000)). De là, la connaissance circulant au sein des communautés épistémiques est explicitée (mais pas codifiée étant donné qu'elle reste essentiellement interne à la communauté (Baumard, 1999). D'après Cohendet (Cohendet, 2003) « Les communautés épistémiques et les communautés de pratiques représentent les lieux où la création de connaissance a la plus forte chance de survenir ». Par ailleurs, ce qui les différencie des CoPs, tient du fait qu'elles sont principalement orientées vers la création de nouvelles connaissances, tandis que les communautés de pratiques sont orientées vers la réussite d'une activité ; dans ce dernier cas, la création de connaissance est un processus largement informel / tacite.
- **Les communautés virtuelles** sont « *des groupes d'individus qui s'associent volontairement et acceptent d'interagir en recourant aux technologies modernes de l'information et de la communication* » (Steinmueller, 2002). La différence entre ces deux types de communautés

[1] Correspond à un ensemble de règles ou d'un « code de conduite » définissant les objectifs de la communauté et les moyens à mettre en œuvre pour les atteindre et régissant les comportements collectifs au sein de la communauté.

(virtuelles et pratiques) porte sur l'utilisation massive d'outils technologiques, c'est-à-dire que son existence résulte d'interactions purement électroniques (Rheingold, 1993, 1995).

- Les **communautés de connaissances** sont *«un groupement temporaire d'agents portant un intérêt commun pour un sujet donné et échangeant des connaissances en lien avec ce sujet »* (Maret et al 2006) ou encore *« groupe d'individus qui acceptent d'échanger volontairement et sur une base régulière sur un sujet d'intérêt commun dans un champ donné de connaissance ».*
- Les **communautés d'apprentissage** sont « *un groupe d'élèves et au moins un éducateur qui, durant un certain temps et animés par une vision et une volonté communes, poursuivent la maîtrise de connaissances, d'habiletés ou d'attitudes »* Grégoire (Grégoire, 1998). Ce type de communauté est caractérisé par un désir d'apprendre ensemble (guidé par l'éducateur) et par une résolution de problèmes collective. La durée est généralement liée à une activité, à un cours ou à une formation.
- Les **communautés d'intérêt** sont *« un groupe de personnes qui partagent soit une identité, soit des expériences, elles se retrouvent pour résoudre des problèmes communs qu'ils rencontrent ».* Les membres d'une communauté d'intérêt échangent des idées sur une même passion, tout en s'intéressant peu aux autres en dehors de ce domaine. Les communautés d'intérêt se constituent de façon plus ou moins spontanée, sans durée fixée par avance, à des fins de partage d'idées sans but commun d'apprentissage. Elles sont caractérisées par un engagement individuel et l'absence d'un processus collectif de résolution de problème.

Après avoir défini la CoPs en tant que « communauté sociale » et l'ayant situé par rapport à d'autres types de communautés sociales, nous abordons ci-après la définition formelle de ce qu'est une communauté de pratiques ensuite nous développons les caractéristiques qui d'après nous définissent une CoPs.

2.4 Définition formelle du concept de Communautés de pratiques

Un vif intérêt est porté aux communautés de pratiques (CoPs). Il existe de nombreuses définitions des communautés de pratiques mais nous retiendrons la plus récente proposée par (Wenger et al. 2002). Une CoPs « est un groupe de personnes qui partagent une préoccupation, un ensemble de problèmes, ou une passion à propos d'un sujet, et qui approfondissent leurs connaissances et expertise dans ce domaine en interagissant de manière régulière ».

Par CoPs on entend « *groups of people who share a concern, a set of problems, or a passion about a topic, and who deepen their Knowledge and expertise in this area by interacting in an ongoing basis* » (Wenger, McDermott et Snyder, 2002). Plusieurs définitions du concept ont été proposées selon différentes approches (Chanal, 2000) (Tsoukas, 2001) (Josserand, De Saint Léger, 2004). D'un point de vue sociologique une CoPs est vue comme étant un groupe de personnes, plutôt informel et trans-organisationnel, qui a pour objectif de partager leurs expériences dans une pratique à des fins d'apprentissage.

Le comportement des membres ainsi que la dynamique de fonctionnement des communautés de pratiques ont été mises en évidence en sociologie dans les années 90 par les travaux de Lave et Wenger (Lave et Wenger, 1990) et Brown et Duguid (Brown et Duguid ,1991). C'est un mode d'organisation centré sur la compétence : Exemple : club d'experts, congrès médical.

La CoPs regroupe trois points importants, à savoir :

- un *échange volontaire* des savoirs tacites,
- un *mode informel* mais très efficace *de coordination de travail* et
- un *espace identitaire* qui donne sens et motivation au travail. En plus de cela la CoPs elle se révèle être un *vecteur* important en matière d'utilisation des technologiques de l'information et de la communication.

Ces trois points caractérisent selon (Wenger, 1998) :

- L'*engagement mutuel* des membres (création d'un rapport d'entraide entre les participants nécessaire au partage des connaissances sur la pratique).
- L'*entreprise commune* qui est le résultat d'un processus collectif.
- Un *répertoire partagé* qui inclut des supports physiques (dossiers ou formulaires) et des éléments moins tangibles (gestes, mots ou protocoles). Au cours du temps, l'engagement au sein de la communauté produit des ressources qui permettent la négociation de sens.

L'activité principale d'une CoPs consiste en la négociation de sens (Wenger, 1998), processus par lequel les acteurs attribuent une signification à leurs expériences ou actions. Quant au comportement des membres, il se caractérise par le respect des normes sociales, par l'engagement volontaire dans la construction de la communauté (échange, partage d'un répertoire de ressources cognitives communes, partage d'expériences, partage des récits de leurs histoires passées). Ainsi la constitution du capital cognitif commun se fait à travers le partage permanent des expériences entre les membres ce qui permet de construire au fil du temps la base de connaissances partagée et co-construite et en

même temps de développer la pratique de la communauté. Les agents engagés dans ce processus coordonnent leurs activités pour enrichir et améliorer leurs compétences individuelles. La fréquence des interactions qui s'intensifie permet de renforcer la création des normes sociales et de routines partagées. Au fur et à mesure que se développe le processus coopératif, le capital cognitif commun s'accroît ce qui contribue à rendre les stimuli de plus en plus faciles. Ce sont essentiellement les flux de connaissances qui caractérisent les activités des membres de la CoPs. Les mécanismes implicites ou explicites de recherche de légitimité jouent sur le comportement des agents de la communauté. L'apprentissage collectif et la construction de connaissances nouvelles apparaissent ainsi comme une forme non-délibérée de la pratique commune (Wenger et Snyder, 2000).

L'intérêt majeur des CoPs comme support de diffusion des connaissances est de favoriser les quatre étapes de la spirale des savoirs (socialisation, externalisation, combinaison, internalisation) (Nonaka et Takeuchi, 1995) et d'assurer la transmission, non seulement des savoirs explicites (savoirs formalisés, procédures opérationnelles, standards, normes) mais aussi des connaissances tacites (connaissances non codifiables, elles sont accumulées par les acteurs au fur et à mesure de leur activité, ceux-ci ne peuvant les exprimer parfaitement). On peut alors dire de la CoPs qu'elle est composée « *d'un groupe d'agents engagés dans la même pratique, communicant régulièrement à travers des mécanismes divers : Groupware, emails, forums, rencontre face-à-face, réunions* ». Toutefois, ce concept est généralement associé « *à un groupe d'agents (humain ou artificiel) qui veulent apprendre les uns des autres dans un domaine particulier de leur travail* ». La comparaison permanente des savoir-faire individuels constitue le socle de la communauté et la base des normes sociales qui guident le comportement des agents (Brousseau, 2000).

Les membres d'une communauté sont liés par la connaissance qu'ils partagent et qu'ils développent ensemble (Stenuit Hautdidier, 2006). Au sein d'une CoPs, l'adhésion des membres peut se faire de façon volontaire ou par cooptation. L'adhésion volontaire permet de gagner du temps dans les processus de négociation, de gestion et d'exécution des accords. Par exemple il existe des communautés au sein desquelles l'adhésion d'un nouveau membre nécessite une consultation préalable des autres membres et par accord consensuel un avis est prononcé.

Une CoPs en milieu organisationnel est couramment constituée de praticiens partageant un même champ d'expertise. Les membres des CoPs sont des individus autonomes. Ces derniers appartiennent cependant souvent à l'univers des entreprises puisque, par définition, il s'agit d'individus qui sont engagés dans la même pratique et communiquent régulièrement entre eux au sujet de leurs activités (Lave et Wenger, 1990 ; Wenger, 1998). Or, ces pratiques et ces activités sont fréquemment professionnelles, même si elles ne le sont pas nécessairement. Par ailleurs, les CoPs ne sont jamais

destinées a priori à valoriser les compétences de leurs membres, ni contribuer forcement à l'amélioration des savoir-faire des entreprises auxquelles ils pourraient appartenir. Elles n'ont d'autre utilité que celle qu'en retirent ces mêmes membres. C'est pourquoi l'amélioration ou la création de savoir-faire dans ces communautés ne dépend jamais de l'existence d'une hiérarchie imposée a priori mais bien d'un principe d'auto-organisation (Wenger, 1998 ; Brown et Duguid, 1991, 1998). Enfin, les CoPs n'engendrent pas de connaissances prévisibles et explicites. Les participants à ces communautés n'ont aucun projet cognitif défini a priori qu'il conviendrait ensuite de réaliser, de diffuser, voire de commercialiser sur un marché. La connaissance créée dans ce cadre là est essentiellement tacite et relève d'abord du « savoir-faire » (Brown et Duguid, 1991). Voici quelques exemples de CoPs:

- Un groupe d'infirmières intervenant en santé du cœur et qui discutent, sur une base régulière, de la prévention des maladies cardiaques, du traitement et de la réadaptation des patients.
- Un groupe de spécialistes traitant des questions de signalisation et de circulation aux abords des chantiers routiers cherchant des solutions novatrices visant à améliorer la sécurité des conducteurs et des travailleurs.
- Un groupe de juristes échangeant sur les jugements les plus importants des tribunaux québécois et canadiens.

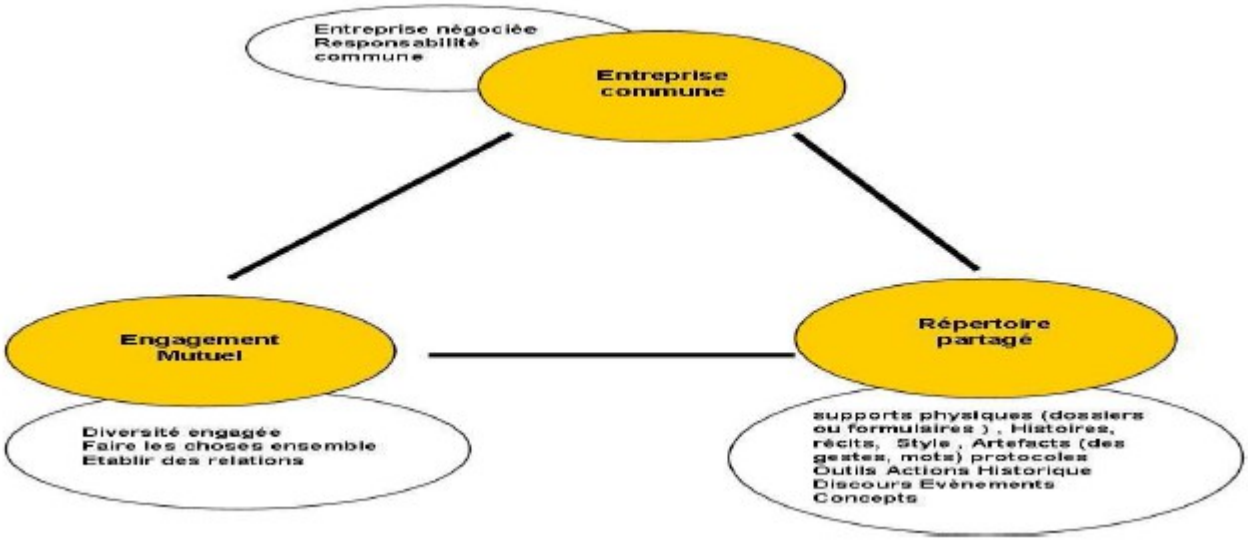
Comme l'a souligné Wenger « *Knowledge is a matter of competence with respect to valued entreprises, et il ajoute « Practices evolve as shared histories of learning: history in this sense is neither merely a personal or collective experience nor just a set of enduring artefacts and institutions, but a combination of participation and reification intertwined over time.* » (Wenger, 1998). La participation d'un membre dans une CoPs est « la somme de ses actions et des relations qu'il construit avec les autres membres », ce processus collectif permet de négocier le sens les uns avec les autres. Quant à la « réification » c'est le processus par lequel les membres « donnent forme à leur expérience commune en produisant des objets (outils, concepts, symboles, rituels, histoires, règles) ». On ne peut la restreindre à une simple production de connaissances formalisées, ni tenter de la séparer de la participation. Les réifications produites par une CoPs sont négociées par leurs membres, et ne sont pas destinées à être utilisées hors de leur contexte de production.

2.4.1 Le modèle interne d'une CoPs.

Wenger (Wenger, 2000) distingue trois dimensions qui représentent le modèle interne d'une CoPs. Valerie Chanal (Chanal, 2000) souligne que ces dimensions à elles seules ne permettent pas de

distinguer de façon positive une CoPs, à cela Wenger fournit des points de repères en définissant ce que n'est pas une CoPs.

Figure 2 : La communauté de pratiques selon Wenger (Wenger, 2002)

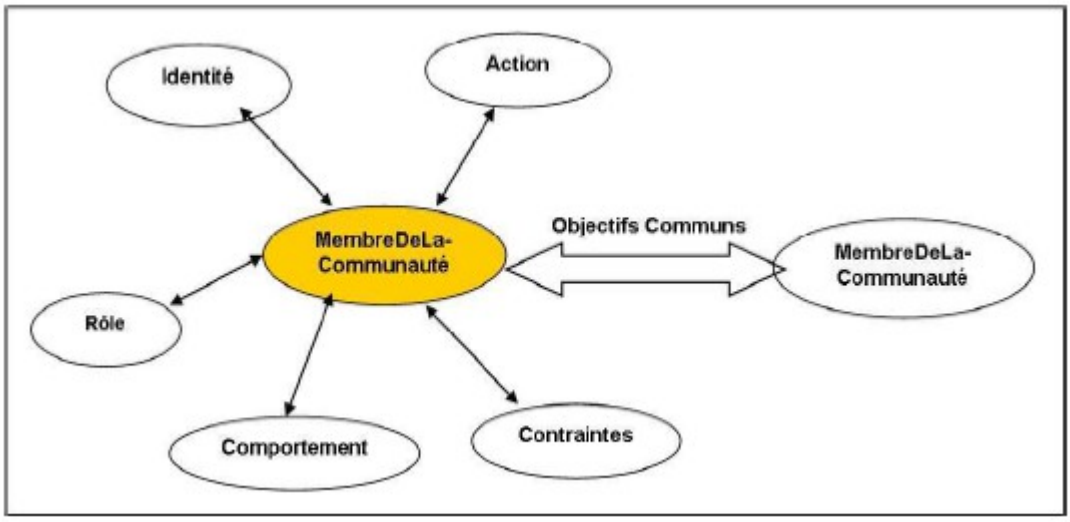


Dans le prolongement de cette approche sociale et située de l'apprentissage, Wenger souligne trois caractéristiques essentielles des CoPs (Wenger, 1998) :

- Leur ***domaine de savoir***. C'est ce facteur structurel qui donne aux membres de la communauté un objet commun (*joint Enterprise*) et qui les incite à se rassembler. La notion d'objet commun permet aux membres de construire leur propre compréhension de leur situation. Ce sont eux qui décident quels sont les problèmes et les aspects à prendre en compte. Les CoPs sont ainsi caractérisés par une identification forte de la part de leurs membres, identification alimentée par un investissement personnel dans un même domaine d'intérêt.
- Leur ***fonctionnement***. Ce sont les relations d'engagement mutuel qui relient les membres d'une CoPs. Avoir le même travail ou le même titre ne suffit pas, sauf si cela signifie partager une passion commune. Certaines CoPs se forment spontanément et existent parfois de manière subtile, mais les interactions régulières qu'elles génèrent permettent de développer la capacité de leurs membres à mieux faire leur travail. C'est l'histoire commune des membres qui construit à la fois la pratique et les communautés, qui établissent les relations et la confiance entre les membres.

- Leur ***capacité à produire la pratique***. C'est le référentiel commun (*shared repertoire*) des ressources de la communauté qui comprend des routines, des leçons d'apprentissage, des sensibilités, des artefacts, des objets, etc. Ce référentiel incorpore les savoirs accumulés par les CoPs. Appartenir à une CoPs, c'est être familier avec le référentiel de sa communauté, connaître son langage, ses cas, ses règles, qui sont autant de ressources disponibles pour faire face aux nouvelles situations et pour créer de nouveaux savoirs. Ainsi, les membres des CoPs partagent des tâches et des conditions de travail proches, mais peuvent ou non travailler ensemble au quotidien. En définitive une communauté de pratiques se compose de :

Figure 3 : les composants d'une Communauté de Pratiques (Kenfack, 2007).



2.4.2 Les objectifs d'une CoPs.

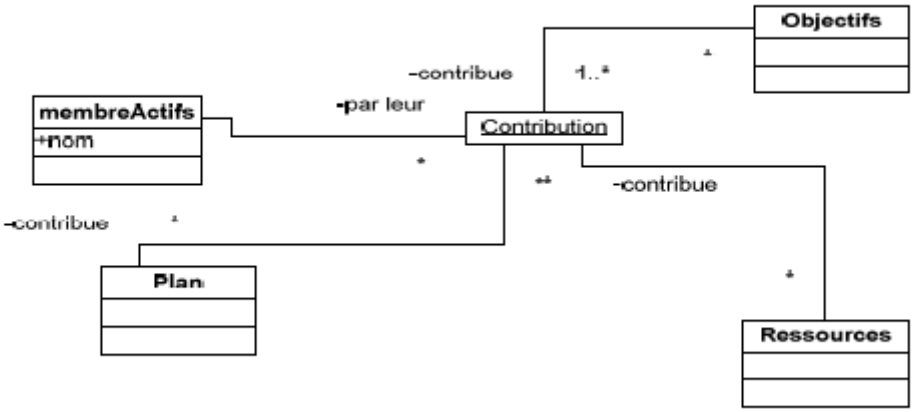
Outre le fait qu'une CoPs regroupe un ensemble de composants, elle doit pour cela se définir des objectifs clairs. Ces objectifs peuvent être de la forme :

- Arriver à disposer d'un espace qui favorise l'implication des membres aux activités pour :
  - le Partage, l'échange en vue de faire émerger de nouvelles connaissances,
- Se positionner comme étant un assistant dans les processus de coopération pour :
  - assister les membres à formuler leurs requêtes/demandes dans un environnement intelligent.
  - favoriser la négociation lors de la recherche d'un consensus sur un sujet donné.
- Etre en mesure de proposer des supports pour faciliter la communication.

- Permettre de réifier des documents sur la base des documents échangés et permettre le stockage des documents réifiés (répertoire partagé)
- Développer l'entraide entre participants (entreprise coopérative)
- Etre en mesure de proposer une méthode d'identification des connaissances et des compétences, en rapport avec la pratique des participants.
- Encourager la participation des membres aux activités de la CoPs (engagement mutuel), en disposant des méthodes incitatives à échanger entre membres.
- Permettre à ses membres de réaliser des activités pour améliorer leurs compétences et connaissances, et s'assurer que les activités réalisées répondent aux besoins de ses membres.

On y voit ici une forte relation de dépendance entre les membres de la communauté et les objectifs de la CoPs à atteindre. En guise d'exemple nous donnons la représentation ci-dessous des liens qui existent entre les membres d'une CoPs et les éléments structuraux nécessaires au fonctionnement de la CoPs.

Figure 4 : les relations d'interdépendance entre membres et éléments structuraux de la CoPs (Kenfack, 2007).



2.5 Paradigmes sur les communautés de pratiques

La théorie des communautés de pratiques constitue la théorie sociale de l'apprentissage dans un modèle qui lie fortement la construction de connaissances à la pratique, l'appartenance à une communauté, la construction de « sens » et le développement de l'identité (Barcet, et al, 2004).

Si les CoPs constituent avant tout une théorie de l'apprentissage, elles sous-entendent une conception de la connaissance très proche de la connaissance dite « tacite » ou « soft » (Hildreth, Wright, Kimble, 1998).

2.5.1 L'action située

Une forte relation a souvent été trouvée entre les courants de la cognition située et les communautés de pratiques (Lorenz, 2001). L*'action située* considère que la connaissance est étroitement dépendante du contexte dans lequel se déroule l'action. Les capacités de résolution de problèmes des individus émergent des pratiques concrètes, ce qui confère aux connaissances un aspect tacite et contextuel. D'après Lorenz, les CoPs ont été développées dans un effort visant à relier la structure organisationnelle à la connaissance et à la résolution de problèmes (Lorenz, 2001). Brown & Duguid (Brown & Duguid, 1992), Wenger (Wenger, 1998) soulignent que les connaissances produites au sein d'une communauté de pratiques restent pour le moins tacites et faiblement codifiées et se transmettent de plusieurs façons (par compagnonnage, et aussi à travers les pratiques du Storytelling (Soulier, 2004)). L'action située, a été rendu célèbre par l'ouvrage de L. Suchman (Suchman, 1987). En élargissant la problématique de la résolution distribuée des problèmes à celle des collectifs, la notion de CoPs a été développée dans une moindre mesure pour relier la structure organisationnelle aux modalités de résolution de problématique collectives et aux connaissances associées (Lorenz, 2001).

En somme, les théories de l'action située et des communautés de pratiques sont ouvertes sur des situations d'apprentissages. Les interactions commutatives entre les membres jouent un rôle central dans les mécanismes d'interactions.

2.5.2 Apports de la pensée complexe et de la systémique

Le fonctionnement d'une entité globale (pouvant être une CoPs) peut être étudié par une approche de la complexité, et de la pensée complexe. Cette notion aide ainsi à aborder les relations entre les propriétés d'un système et des composants en interaction en son sein. Dans le souci de réaliser un système de gestion des activités d'une CoPs, il est possible d'utiliser différents concepts de modélisation. L'approche que nous retenons consiste à utiliser la notion de système comme concept de modélisation. Un système est un ensemble d'éléments en interaction dynamique organisé en fonction d'un but qui évolue dans le temps. Afin d'étendre les possibilités offertes par la notion de système pour aborder la modélisation de phénomènes qualifiés de complexes, Edgar Morin propose

d’utiliser un ensemble de concepts indissociables qui viennent s’ajouter à la notion de système et qui constitue la pensée complexe (Morin, 1990).

Pour Cardon (Cardon, 2005), un système est la représentation que l’on se fait d’un certain objet, formé de parties plus ou moins nombreuses, dépendantes, qui produit des effets visibles permanents ; il s’agit d’une représentation abstraite et élaborée.

Les systèmes sont plus ou moins complexes, et habituellement, la complexité réfère à ce qui est d’une grande complication à cause d’un grand nombre de composants repérés dans l’objet, et un comportement difficilement prévisible : impossibilité à exercer un contrôle total, et à avoir une connaissance entière. Par contre, le concept de complexité ne doit pas être confondu avec la notion de complication, il existe entre ces deux concepts une différence de nature et de degré car un système compliqué est un système constitué de nombreux éléments plus ou moins en désordre. Alors que la complexité selon Durand tient à trois séries de causes (Durand, 1979) :

- La première cause est inhérente à la composition même du système, au nombre et aux caractéristiques de ses éléments et surtout de ses liaisons.
- La seconde provient de l’incertitude et des aléas propres à son environnement.
- Et la dernière tient aux rapports ambigus entre déterminisme et hasard apparent, entre ordre et désordre.

Toutefois, la notion de complexité étendue au sens organisationnel, précise un caractère systématiquement changeant et évolutif d’un objet : *« si l’objet est formé d’éléments très nombreux, mais en relations fixes, et que seul leur nombre élevé limite toute précision fine d’une représentation alors que le comportement général reste quand même maîtrisable, il sera plus raisonnable de dire que l’objet est compliqué »*. Par définition un système complexe est un système construit par l’observateur qui s’y intéresse, LeMoigne (LeMoigne, 1999) propose plusieurs terminologies pour apporter un éclairage à cette notion (implexe/ complexe. Le couple simple/ compliqué).

Donc l’objectif de l'approche système entendu comme enchevêtrement intelligible et finalisé d’actions interdépendantes (LeMoigne, 1999) permet de décrire la complexité, d'aboutir à une modélisation qui permette d'agir sur lui, après que l'on a compris sa configuration matérielle et sa structure dynamique. Cette définition peut être appliquée à la CoPs, et les notions fondamentales qui s’y appliquent sont:

- L’***Interaction :*** (entre les éléments et entre les membres de la communauté) sont les actions réciproques modifiant le comportement ou la nature des éléments, corps, phénomènes en présence ou en influence.

- L'objet ***organisé*** : correspond à l'agencement de relations entre composants ou individus qui produisent une unité complexe ou système, dotée de qualités inconnues au niveau des composants ou individus (existence d'une organisation explicite et/ou implicite issu d'un consensus commun entre les membres et l'initiateur de la communauté).
- Le ***but*** : amélioration des pratiques individuelles, résolution des problèmes, objectif commun valeurs et croyances, implicites ou explicites.

Si l'on se reporte à l'analyse systémique , elle a pour objet de proposer des démarches théoriques, pratiques et méthodologiques qui visent à fournir des solutions de représentation, de modélisation et de simulation de phénomènes complexes reposant sur la notion de système (Durand, 1979). Le principe de l'analyse systémique peut se résumer en quatre phases (Durand, 1979 ; Donnadieu, 2002) :

- La première porte sur la définition des finalités de la démarche de modélisation et l'identification des éléments qui vont être pris en compte ainsi que les limites choisies pour la conception du modèle.
- La deuxième phase s'applique au dessin du modèle en organisant l'information utilisée par le recours aux concepts de modélisation choisis.
- La troisième a pour rôle d'étudier le comportement du modèle dans le but de vérifier si ce dernier correspond aux objectifs initiaux.
- La dernière phase consiste à utiliser le modèle afin de satisfaire les objectifs initiaux de la démarche de modélisation.

Par la suite, seule les deux premières phases de la démarche d'analyse systémique sont mise en œuvre dans le but d'identifier les caractéristiques d'un modèle de gestion des activités au sein d'une CoPs. La modélisation à l'aide du concept de système repose sur la notion d'échange de flux d'information entre différents systèmes.

Les différents concepts de l'analyse systémique complétés avec ceux de la pensée complexe vont permettre de décrire les caractéristiques des CoPs. L'établissement de relations d'interaction entre différents éléments engendre l'apparition d'événements ou de propriétés nouvelles, mais cela peut également provoquer la disparition, l'annulation de propriétés possédées par les différents éléments pris isolément les uns des autres.

Dans la suite, nous aborderons la notion d'émergence et montrerons le lien qui existe entre cette notion et le concept de communauté de pratiques.

3. Caractéristiques des Communautés de Pratiques

En s'appuyant sur les fondements d'une CoPs nous pouvons déduire quatre dimensions nécessaires à la mise en place et au développement d'une CoPs. La suite de notre travail nous nous servirons de base d'appui à l'identification des fonctions d'usage du système d'aide à développer. Donc, pour qu'une communauté puisse démarrer :

- Il est nécessaire de créer un ***contexte propice à l'échange et au partage***, susceptible de favoriser le développement de la sympathie et de la confiance. Les rencontres entre les acteurs d'un métier, les séminaires de formation, ou encore les outils de travail collaboratif et de capitalisation peuvent susciter conjointement la création de communautés de pratiques et la diffusion des connaissances.
- ***L'action de la hiérarchie*** est importante : la hiérarchie doit non seulement faciliter mais aussi supporter les CoPs et le partage inter-organisationnel. L'allocation de ressources matérielles et immatérielles (temps, disponibilité) est un support nécessaire.
- **La *dimension collaboration*** doit subsister pour permettre aux participants de poursuivre un même but et moduler leurs actions en fonction de l'atteinte de leurs finalités collectives. Cette dimension collaboration qu'on peut assimiler à la coopération est l'élément essentiel et primordial à toute forme d'activité dans une CoPs. Piaget assimile la notion de collaboration à celle de coopération (Piaget, 1949- 1950, 1977d), et pour lui ***coopérer*** signifie que :
  - ***L'on s'engage*** dans un rapport d'entraide entre participants,
  - ***L'on partage en commun une entreprise conjointe*****,** pratique partagée par les participants de la communauté.
  - ***L'on dispose d'un répertoire partagé de ressources*****.** Ce répertoire représente le langage spécialisé de la communauté.
  - ***Le processus de réification*** *soit présent***.** L'usage fait du numérique par la communauté (textes numérisés, textes écrits pour publication Web, discussions électroniques, etc.) et des artefacts en rapport avec la négociation de sens.
  - ***L'on définisse un régime de compétence***. Localement négocié, le type de compétence est le résultat qui découle des interactions, soit ce sur quoi s'entendent les participants qui cherchent à améliorer une pratique donnée.

- ***Le mécanisme de co-élaboration de connaissances*** soit existant, ce qui contribue à la production de connaissances lors de la résolution d'un problème, ou d'un ensemble de problèmes, qui tire profit de l'expertise diversifiée des participants, ou encore résulte de l'exploration d'une problématique à partir de laquelle de nouvelles hypothèses seront formulées à des fins de trouver des stratégies de travail innovatrices. La co-élaboration de connaissances est un processus qui se développe par le biais des structures logiques du raisonnement collectif et répondant à un besoin d'innover en faisant avancer l'état de certaines pratiques ou en développant de nouveaux concepts.

- Et enfin que l'on dispose de processus de ***spécification des rôles***

Les rôles dans une CoPs (voir tableau 1) peuvent être formels ou informels, repartis au cœur du noyau ou très largement distribués ; dans les deux cas, le leadership doit être intrinsèquement légitimé dans la communauté. Chaque partenaire, dans une communauté se singularise par l'action qu'il mène, par ce qu'il réalise. Chaque membre développe des aptitudes particulières qui justifient sa participation au processus collectif. Individuellement, et en même temps chaque participant peut mener d'autres activités, mais celles-ci ne peuvent pas trouver d'intérêt dans l'immédiat ou bien dans l'action collective à mener.

Dans ce qui suit, nous donnons et définissons les principaux rôles des acteurs de l'environnement organisationnel (CoPs), ainsi qu'un ensemble d'activités ou de tâches qui leurs sont attribuées.

Tableau 1: les principaux rôles dans une communauté de pratiques (Kenfack, 2007).

Rôles	Tâches

Modérateur	Il est fait généralement partie des membres les plus expérimentés de la communauté, naturellement il est choisi d'un commun accord par ses pairs. Il a comme enjeu d'aider à l'insertion des membres tout en leurs expliquant les politiques (normes et règles) de la communauté.
	• Coordonne et diffuse les tâches
	• Assure le suivi de la réalisation des tâches
	• Introduit et orient les membres grâces à la politique de la communauté
	• Fixe les objectifs et les thèmes de discussion
	• Évalue les connaissances à stocker avant de les intégrer dans la base de connaissances
	• Définit les scénarios de collaborations des membres ainsi que les paramètres de gestion des outils technologiques utilisés par ses pairs.
	• Il est garant de la liste de diffusion qu'il élabore avec ses pairs, cette liste est définit par thématique ou sujet afin de suivre la dynamique de la communauté.
	• Met en place un système d'alerte qu'il utilise lorsqu'il s'aperçoit d'une baisse d'activité et propose de nouveaux sujets
	• Favorise l'auto-évaluation (mise en place d'un questionnaire ou autre service d'évaluation)
	• Motive à partager en mettant en place un système de récompense basée sur
	• Évalue la participation des membres en définissant des critères tels que que:
	  • Le nombre de contribution et de réponses envoyées au cours d'une période donnée
	  • Le nombre de fois ou une contribution a été utilisé pour résoudre un cas soumis
	• Gère dynamiquement les contrôles d'accès à la base de connaissances
	• Veille à la formalisation des connaissances produites

Expert	Garant du bon fonctionnement de la CoPs, de son domaine d'expertise et du savoir de ses membres. • Communique et développe l'expertise et le savoir tacite de son domaine d'expertise ou de pratique de la communauté • Sert de leader d'expertise et de sage à la communauté • Peut se situer aux frontières de plusieurs communautés en transférant des connaissances d'une communautés à une autre • Garanti une connaissance spécialisée
MembreActifs	Appartient au noyau dur de la communauté. Ils participent activement à la réalisation des objectifs de la Cops • Propose des sujets de discussion • Participent à la vie de la communauté par leurs multiples interactions • Ont la capacité de définir leurs propres liste de diffusion en se basant sur leurs objectifs et ceux de la communauté • Gère leur propre base de connaissances • Partage leurs expertises avec ses pairs • Garantit le dynamisme de la CoPs nécessaire à son évolution • Nomme, aide et conseille le modérateur pour développer la liste de diffusion et ses buts.

En fonction des rôles joués par les membres de la communauté on peut rencontrer plusieurs types d'interactions :

- Les interactions entre les experts eux-mêmes au cours du partage et des échanges des expériences passés et des récits.
- Les interactions entre les experts et les membresActifs de la communauté.
- Les interactions entre les experts et le modérateur de la communauté.

3.1 Description et analyse de quelques cas de CoPs.

De la description / observation de quelques cas de CoPs, on peut déduire les fonctionnalités à mettre en œuvre. Pour cela nous allons appuyer notre étude sur trois cas de communautés :

- **Le premier cas représente celui d'une CoPs dans le domaine de la neurologie**

Les médecins neurologues spécialistes de la sclérose en plaques qui se rencontrent régulièrement dans les congrès médicaux, bien qu'ils ne soient pas tous salariés de laboratoires pharmaceutiques concurrents. Ici la communauté de pratiques est informelle et transverse mais relativement fermée car les membres sont cooptés en fonction de leur apport de compétences : c'est un mode d'organisation par excellence basé sur les flux de connaissances. On en conclu que toute CoPs est basée sur un échange de connaissances. Les membres de cette communauté ne travaillent nécessairement pas ensemble au quotidien. Néanmoins, ils ***entretiennent des échanges*** parce qu'ils estiment que ces relations sont importantes. Le temps passé ensemble leur permet de s'entraider dans ***la résolution de problèmes, de partager de l'information, des conseils et des informations privilégiées***. En discutant de leurs aspirations, de leur travail, de leurs besoins et de leurs contextes respectifs, ils réfléchissent aux problématiques communes de leur pratique et explorent de nouvelles idées. Il ***en résulte des outils, des manuels, des standards, des documents ou une meilleure compréhension des problèmes pratiques (documents réifiés)*** qu'ils partagent. En plus de contribuer à l'accumulation et à la diffusion des savoirs, du moins au sein de leur propre communauté, les membres des communautés de pratiques développent des liens informels, des relations interpersonnelles et établissent des normes de fonctionnement. La satisfaction qu'ils retirent à échanger ensemble leur permet de développer une compréhension commune (langage, pratique, approches) de leur domaine.

- **Le second cas porte sur une CoPs au sein de l'entreprise Caterpillar.**

Nous avons analysé cette CoPs et nous observons que le travail des communautés est supporté par un réseau de connaissances et un Système Intranet. Ce système permet aux utilisateurs de rechercher des sujets par experts (***favoriser la recherche par mots-clé***), de poser des questions spécifiques aux experts (***favoriser la collaboration, l'entraide et l'échange)*** ou à la communauté entière, de poster et rechercher de nouvelles entrées de connaissances (***favoriser la collaboration et la recherche des ressources),*** de conduire des « chats » en ligne (***offrir un espace d'échange***) ainsi que des discussions en mode asynchrone sur des questions précises (***offrir un espace d'échange et d'entraide)***. Plusieurs rôles sont définis au sein de la communauté de managers (***délégués, experts et souscripteurs***) (***possibilité de définir des rôles).***

Les managers (***modérateurs***) sont élus par l'équipe et sont le plus souvent des seniors ou des membres très expérimentés qui ont gagné l'assentiment de l'équipe par une histoire forte de leurs contributions à la compagnie. Des délégués sont associés aux managers qui assument l'intérim lors de l'absence des managers, ou prennent en charge une part des devoirs de gestion de la communauté.

Les ***experts*** sont les personnes reconnues pour leurs compétences et connaissances dans certains secteurs. Ils participent activement à la communauté en postant de nouvelles entrées de connaissances, aidant des managers dans l'examen de nouveaux envois de message par « postings », leur permettant de donner des réponses aux questions postées à la communauté en général ou aux experts ***(favoriser la non confidentialité des profils et leur mise en relation, mise en avant des compétences de chaque membre***). Finalement, n'importe quel membre de l'organisation, intéressé par un sujet de la communauté, peut devenir un abonné à cette communauté (***permettre de s'inscrire librement dans la communauté***).

- **Le troisième cas concerne une CoPs chez les documentalistes en milieu éducatif**

Ce cas porte sur la mise en place d'un support collectif pour la CoPs des documentalistes en milieu éducatif. Les problématiques identifiées pour servir de base d'activité dans cette communauté sont « ***quelle est la place de la documentation dans les portails d'établissement ?*** » et « ***quelle serait la politique documentaire à mettre en place au sein de l'établissement*** ».

Ainsi la réalisation des activités se fait à distance car les documentalistes travaillent dans des établissements différents (***échanges à distance***). On constate que dans un tel contexte le travail coopératif à distance est une méthode de travail utile et efficace. Cette communauté dispose dans son environnement d'un ensemble d'outils nécessaire à son bon fonctionnement en exemple la plateforme PHARE (Robial, 2004). Cette dernière est alimentée par une équipe de dix documentalistes qui s'occupent du développement de la communauté, de la gestion technique et des contributions. Pendant les réunions, les différents groupes mènent un travail collectif pour résoudre un problème et construire des ressources. En dehors de ces réunions, le travail se poursuit « à distance » soit par mail ou à travers la plateforme PHARE.

La communauté de documentalistes regroupe des ***« groupes de travail locaux »*** et des ***« groupes de secteur »*** (***types de membres***) qui rassemblent des documentalistes par secteurs géographiques. Ces groupes sont des ***« communautés locales »*** au sein de la communauté plus globale des documentalistes. D'autres groupes de travail, tel que des équipes-projet existent aussi. Avec le temps ces groupes se sont aussi inscrits sur la plateforme PHARE en créant des espaces privés de travail accessibles par le groupe. Ces espaces comprennent un ***répertoire partagé*** (pour l'échange de

fichiers, de données) et un outil de messagerie (***disposer d'un outil d'échange et d'un répertoire partagé de ressources***).

Les membres d'une communauté avant d'appartenir à la communauté globale, font partie d'une communauté locale. Il n'est pas possible d'avoir une expérience directe de la communauté dans un groupe d'une centaine de personnes. Par contre, si un membre fait parti d'un groupe plus petit, cette sous-communauté lui permet d'échanger avec d'autres sous-communautés tout autant qu'avec la communauté globale. La CoPs des documentalistes se compose suivant plusieurs critères :

- ***Le choix du thème :*** les membres choisissent des thématiques de commun accord et les thèmes évoluent en fonction de leurs compétences et contributions.
- ***Le choix des acteurs*** : ce choix s'opère selon le domaine de compétences, ou du savoir-faire du membre.
- ***Des tâches :*** elles sont définit par rapport aux activités de la communauté.
- ***La définition des rôles :*** On en dénombre plusieurs, dans le cas analysé un ***rôle de coordinateur est défini*** (le coordinateur est un membre qui aide la communauté à se concentrer sur son domaine, à entretenir des échanges et à développer la pratique). Le coordinteur définit les activités et remplit les tâches suivantes :
  - Il identifie les questions importantes du domaine d'activité de la communauté.
  - Il planifie et « facilite » les évènements de la communauté. C'est l'aspect le plus visible de sa fonction.
  - Il met les personnes en relation de manière informelle, en dépassant les frontières des organisations, pour créer des synergies.
  - Il favorise l'engagement de nouveaux membres.
  - Il gère la frontière entre la communauté et l'organisation (l'institution dont fait partie la communauté).
  - Il aide à développer la pratique, par la création de bases de connaissance, par la mise en valeur d'expériences, de « meilleures pratiques », d'outils et de méthodes, et l'organisation de sessions d'apprentissage.
  - Il évalue la « santé » de la communauté, ce qu'elle apporte de positif à ses membres et à l'organisation.

Cette communauté dispose de deux coordinateurs au niveau global et un dans chaque communauté au niveau local. Au sein de la communauté plusieurs groupes y sont définis tel que le groupe « expert » qui est l'équipe cœur de la communauté, et plusieurs autres groupes.

- **Et enfin quant au dernier cas, il s'agit ici d'une CoPs mis en place chez les practiciens en orthodonties (dentistes).**

Cette CoPs émane d'une volonté des praticiens en orthodontie dont le but est de proposer un modèle de simulation de partage de connaissances d'un groupe d'agents humains auto-organisés sans lien hiérarchique entre les dentistes (membres de la communauté). Ces dentistes sont regroupés autour d'un noyau dur dont l'objectif est de développer des pratiques de mutualisation des risques dans la gestion des patients. En plus des dentistes nous avons le « financeur » qui n'intervient qu'en aval de la constitution du groupe, son rôle est de financer et légitimer les activités du groupe, il oriente les travaux de la communauté sur une thématique particulière (***choix du thème de discussion***) portant sur l'objectif initial et l'assurance maladie. L'adhésion des membres se fait de façon volontaire, et les membres recherchent à travers les interactions avec d'autres confrères à développer des pratiques et des expertises partagées dans un domaine de leur activité professionnelle (***favoriser la collaboration des membres par le partage des expériences, l'analyse***).

Pour appartenir à la communauté chaque participant doit verser une *cotisation mensuelle **(l'appartenance à la communauté)**, quatre groupes de travail* sont définis, deux des six thèmes sont choisis par l'assurance maladie. Les problèmes à résoudre consistent à développer un *référentiel commun pour former et informer les patients en parodontologie, et évaluer les patients à risques.* Quant aux deux autres thèmes, ils portent sur les modes de gestion internes du cabinet, plus spécifiquement la communication envers les patients. Et enfin deux thèmes libres : comment *« présenter un plan de traitement »* et *«organiser la communication de la communauté »* sont proposés. Chaque groupe est assisté d'un *expert* du sujet traité. Les *fondateurs du réseau* sont répartis par deux dans chaque groupe, *un responsable de groupe* est désigné de manière informelle par le *Président du réseau, un comité de pilotage* réunit les responsables de groupe toutes *les semaines* pour régler les affaires courantes, préparer les réunions plénières et capitaliser les travaux (***rencontres face-à-face).*** Les groupes se réunissent une fois par mois, chaque réunion mensuelle démarre par une session plénière et se poursuit par le travail collectif.

L'***adhésion des membres*** à la communauté se déroule par cooptation, ce processus de recrutement répond à une triple contrainte : pas de concurrence frontale entre les cabinets, les praticiens membres doivent être connus pour la qualité de leurs interventions et avoir la capacité du travail en groupe (***conditions d'appartenance au groupe)***. L'adhésion de membres à cette communauté est basée sur

les critères tels que : ***les compétences des adhérents et la qualité des prestations*** dont l'objectif final est d'arriver à une vision identique du métier de dentiste (***définition des objectifs***).

Le ***besoin d'appartenir à un groupe de référence*** : ce besoin vient du fait qu'ils veulent sortir de l'isolement de leur cabinet.

La mise en place de la communauté est vue comme un vecteur d'apprentissage, un moyen de redéfinir le métier sur des bases communes, un élément d'amélioration de l'écoute du patient ; apporte une rationalisation de la gestion du cabinet et offre de techniques pointues de soins orientées vers la prévention plutôt que le traitement curatif. Le groupe est composé de praticiens ayant des capacités de leadership et d'innovation. Une autre caractéristique de cette communauté est la comparaison sociale fondée sur la jeunesse des membres, la compétence, les modes d'interactions et la structure participative du réseau

Ainsi la communauté définit un ou plusieurs domaines d'intérêts (définition ***des domaines d'expertises***) en fonction du profil de ses membres (favoriser ***la définition des profils membres***). Ce ou ces domaines font partie de la connaissance de la communauté qui peut être considérée comme une bibliothèque d'activités ou grappe (***présence d'un repertoire partagé ou repertoire documentaire***). La bibliothèque d'activités est gérée par le modérateur (ici les fondateurs ou le comité de pilotage) de la communauté on y retrouve les connaissances individuelles de chacun des membres.

Le ***modérateur*** est chargé de contrôler, de réguler les échanges dans la communauté. Ses tâches sont : la définition de nouvelles règles d'adhésion à la communauté, le maintient à jour des annuaires des membres de sa communauté et d'autres communautés (s'ils existent d'autres communautés dans son environnement), il évalue la participation des membres selon des critères bien définis. Il collecte l'ensemble des listes de diffusion pour n'en faire qu'une, qu'il communique par la suite aux membres de la communauté. Les annuaires sont consultables par les agents pour s'informer des sujets qui y sont débattus. Si la liste de discussion est d'un certain intérêt pour un membre, il va chercher à intégrer cette communauté et procède à l'actualisation de la liste de diffusion.

Ce projet consiste à élaborer un protocole de soin en rédigeant un plan de traitement, un questionnaire d'évaluation du risque parodontal des patients et un référentiel de présentation des maladies parodontales des patients (***les objectifs ou buts à atteindre***). Dans chaque groupe un profil utilisateur est défini, par exemple le préalable à tout échange exige la connaissance du profil du membre avec lequel on veut partager et échanger. Les profils sont gérés par les agents du comité de pilotage. Les activités dans chaque groupe se définissent à travers les propositions émanant de chaque membre, l'agent responsable du groupe attribue alors un ordre de priorité aux différentes

propositions reçues. Ensuite, la proposition ayant obtenu la plus grande priorité est d'abord traitée par les agents du groupe et le résultat obtenu en rapport au problème posé est par la suite répertorié dans la base de connaissances du groupe. Chaque synthèse d'une activité ou tâche donnée est évaluée et validée par le comité de pilotage. En fonction du flux de propositions, la dynamique de l'ensemble résulte tant de l'apprentissage individuel de chaque agent que de l'apprentissage par interactions entre agents. En termes de participation on distingue:

- Une forte participation du noyau dur représenté par les différents groupes.
- Une participation très active entre le comité de pilotage et les différents groupes au cours des réunions mensuelles.

De ces exemples nous voyons bien une forme d'organisation basée sur de multiples coopérations. Ces communautés n'ont de sens que si les rôles auxquels on affecte des tâches sont bien identifiés. L'analyse de ces quelques communautés va nous permettre de définir un ensemble des caractéristiques nécessaires pour un support d'aide aux communautés de pratiques.

3.2 Les fonctionnalités retenues des cas étudiés.

Les caractéristiques retenues s'appuient sur les approches de la coopération présentées ci dessus et les exemples présentés dans les parties précédentes :

1) La *première caractéristique* consiste à disposer d'un contexte ***propice à l'échange et au partage***. On observe alors que les cas étudiés répondent tous à cette caractéristique,

a. Les communautés disposent d'un espace communautaire rassemblant les membres avec un vocabulaire lié à leur pratique,

b. Les rencontres face-à-face font partie du dispositif dans trois des quatre communautés,

c. L'utilisation des outils technologiques collaboratifs (ex : PHARE) est existante,

d. La collaboration entre membres offre des possibilités d'échanger sur des pratiques et de confronter les idées.

2) La *seconde caractéristique* consiste à offrir un espace pour collaborer afin de favoriser l'accès facile d'un nouveau membre à la communauté (utilisation d'une messagerie),

3) La *troisième caractéristique* consiste à faciliter l'accès aux ressources dans ces communautés facilitent,

4) La *quatrième caractéristique* porte sur l'attribution des rôles aux différents membres selon leurs profils,

5) La *cinquième caractéristique* concerne l'entraide et les échanges entre membres respectant les principes suivants :

a. Le droit d'accès sur les profils des membres appartenant à la CoPs n'est pas confidentiel,

b. Une aide est apporté à chaque membre pour lui permettre de formaliser ses expériences, ou témoigner (storytelling) de ses expériences passées,

c. Le stockage des ressources produites au sein de la communauté ou des contributions de chaque membre est possible.

6) La *sixième caractéristique*, ici l'entreprise commune est encouragée par le modérateur,

7) La *septième caractéristique* porte sur la cohésion entre les membres : un groupe travaillant ensemble en parfaite cohésion grâce à des facteurs favorisant la convergence des actions,

8) La *huitième caractéristique* concerne la présence d'un répertoire partagé : Un répertoire partagé, lieu commun au sein duquel des ressources diverses sont disponibles :

a. Il favorise la recherche d'une ressource pertinente pour un membre en lien avec sa pratique,

b. Un accès au répertoire partagé au sein duquel les connaissances sont stockées selon une classification choisie, efficace et pertinente pour la recherche,

c. Le stockage de la ressource en fonction d'un domaine ou d'un contexte donné.

9) Et enfin la *neuvième caractéristique* porte sur les ***mécanismes de co-élaboration de connaissances*** qui se produisent lors de la résolution d'un problème, ou d'un ensemble de problèmes, qui tire profit de l'expertise diversifiée des participants, ou encore résulte de l'exploration d'une problématique à partir de laquelle de nouvelles hypothèses seront formulées à des fins de trouver des stratégies de travail innovatrices, font partir des activités de ses diverses communautés.

Toutes ces dimensions caractérisent le processus d'*action collective* (Gongla & Rizzuto, 2001).

3.3 Tableau récapitulatif de quelques exemples de CoPs.

Tableau 2: synthèse de quelques communautés de pratiques

2002	Santé du cœur canada	Ordre des Infirmières du Québec	Ordre des Infirmières du Québec	Knowledge forum Virtuel-U	Partage information lié au domaine d'expertise établir des consensus entre experts Construire une base de connaissance et de contenus inédits
		Réseau de soin DEN-COM	groupe de chirurgiens dentistes		développer des pratiques et des expertises partagées dans un domaine de leur activité professionnelle
Josserand, St Leger (2004)	Conseil en organisation et en technologie de l'information	Centre de compétences	Salariés de l'entreprise	Réunions d'échanges mail téléphone	Apporter des réponses aux besoins des consultants tels que partager leurs connaissances Pour les membres: acquisition, capitalisation des connaissances, mais aussi développement et maintien des liens sociaux Pour les managers, leurs souhait serait de voir les communautés consolider les connaissances des consultants Permet de créer et formaliser les méthodes de travail, des outils directement utilisables pour faciliter la résolution des problèmes au quotidien

Rapport PNUD-République Centrafricaine (2004-2005)	Coopération Bureau PNUD/ Bangui	Pauvreté	Partenariat organisations de la société civile Les départements techniques dans le cadre du groupe de travail pour définir les priorités sectorielles		Renforcer les mécanismes de pilotage et de coordination du processus DSRP Elaboration des profils de la pauvreté en milieu urbain, rural et pour l'ensemble de la RCA Développer et aider à mettre, en œuvre les plans d'action sectoriels(PAS), le document de stratégie et les outils pour le suivi et l'évaluation du DSRP
		Gouvernance	Cadre de concertation avec les bailleurs de fonds		Microfinance; renforcer le cadre institutionnel chargé de la coordination, du suivi, et du contrôle des activités de microfinance au niveau national; Renforcer les capacités des acteurs du secteur de la microfinance en RCA pour garantir l'accès de la population aux services microfinanciers de façon durable.
		VIH/SIDA	Collaboration avec les Institutions gouvernementales (Ministère, universités, CNLS, etc.) Partenariat avec les nations unies(ONUSIDA,UNICEF,UE..) Collaboration avec les ONG/OAC, Medias, Artistes, Confessions religieuses, Syndicats, etc.		Intégrer les stratégies de lutte contre le VIH/SIDA et les autres maladies dans le processus national d'élaboration et de mise en œuvre de la stratégie de réduction de la pauvreté Mobiliser des ressources pour la mise ne œuvre du plan cadre-économique du SIDA sur les populations vulnérables
		Prévention des Crises et Relèvement	Programme Régional pour la démobilisation et la réintégration (MDRP) Groupe de coordination		Renforcer les capacités d'appui du SNU, du PNUD et les capacités nationales en matière de prévention de crise Contribuer au relèvement post conflit et à la restauration de la sécurité en particulier, au travers d'activités dans le secteur de la reforme du secteur sécuritaire et de la justice transitionnelle
		Energie/ Environnement			Contribution au développement de politiques et des instruments de promotion de l'énergie pour la réduction de la pauvreté en milieu rural Mobiliser des ressources pour la promotion des initiatives opérationnelles en matière de services énergétiques adaptées en milieu rural Poursuivre le processus de renforcement des capacités des parties prenantes. En matière d'environnement: • Fournir l'appui technique • Renforcer les collaborations

4. Caractéristiques de l'émergence dans un modèle coopératif

L'émergence, n'est pas une création *ex nihilo*. Elle est la construction et le repérage d'une forme situationnelle par des acteurs sociaux. Ce sont des activités humaines, régies par des règles afférentes

à une situation précise, qui, puisant dans un ensemble d'éléments matériels, culturels, cognitifs, constitutifs d'un environnement global de la situation, reconfigurent la situation avec des éléments interpellés. Ces éléments (matériels, culturels, et cognitifs) dessinent une « forme situationnelle ». Le modèle descriptif de Bonnabeau permet de tirer plusieurs caractéristiques de l'émergence selon différents types de systèmes :

- Ainsi dans les systèmes adaptatifs, on observe un comportement à émergence syntaxique, qui offre les capacités à créer de nouvelles relations entre des observables déjà définis (nouvelles computations, changement de modèle de l'observateur),
- Quant aux systèmes évolutifs, on observe au contraire un comportement à émergence sémantique ou émergence fonctionnelle. Pour les modéliser, il faut ajouter de nouveaux observables (nouvelles mesures nécessaires dans le modèle et problème de création de mécanismes de mesure). Pour les modéliser, il faut ajouter de nouveaux observables,
- Pour ce qui concerne les systèmes formels ils sont non émergents, selon Rosen (Rosen 1978), il faut les abandonner et chercher des systèmes avec plus d"open endedness", ces systèmes montrent ainsi l'incapacité de définir et d'énumérer par principe même toutes les fonctions possibles du système. Ils seraient seuls doués d'émergence au sens des sciences cognitives.

Après avoir présenté au travers de différents types de systèmes comment le phénomène d'émergence peut être perçu, nous allons dans la suite aborder la définition du phénomène de l'émergence selon plusieurs disciplines scientifiques.

4.1 Définitions du phénomène de l'émergence

Employé à l'origine par les philosophes, les biologistes et les physiciens pour caractériser le fait qu'une chose « sorte » d'une autre sans que celle-ci la produise à la manière dont une cause produit nécessairement un effet et suffise à en faire comprendre l'apparition. L'émergence est un phénomène étudié par plusieurs disciplines scientifiques telles l'informatique, mais aussi de domaines socio-économiques, des sciences de l'ingénieur et de tout autre domaine abordant des systèmes complexes. Avant de procéder à une définition plus précise, ce phénomène peut être généralement décrit avec la phrase souvent citée « Le tout fait plus que la somme de ses parties. ». La notion d'émergence semble très discutée car nous avons trouvé des points de vue concurrents et différents de types d'émergences. Dans un système hiérarchisé de complexité croissante, on qualifie d'émergent un phénomène ou une entité qui trouve son origine au niveau de base, mais qui présente des propriétés nouvelles.

L'approche d'Edgar Morin (Morin, 1992) quant à elle adopte deux principes, le principe de boucle entre connaître et agir qui est un processus récursif et génératif par lequel une organisation active produit les éléments et les effets qui sont nécessaires à sa propre génération ou existence. L'idée de récursivité apporte une dimension logique qui, en termes de praxis organisationnelle, signifie production-de-soi et régénération. Cette idée de récursivité organisationnelle est éclairée par l'image du tourbillon. *« Un tourbillon est une organisation active stationnaire, qui présente une forme constante; pourtant, celle-ci est constituée par un flux ininterrompu »*. Cela veut dire que la fin du tourbillon est en même temps son commencement, et que le mouvement circulaire constitue à la fois l'être, le générateur et le régénérateur du tourbillon. L'aspect ontologique de cette organisation stationnaire est que l'être entretient l'organisation qui l'entretient. Cette idée permet de comprendre le phénomène de la vie, en tant que système d'organisation active capable de s'auto-organiser et surtout, de s'auto-ré-organiser.

Dans le contexte informatique de l'Intelligence Artificielle Distribuée et des Systèmes Multi-Agents, l'équipe M. R. Jean propose une définition positive, temporelle et constructive de l'émergence, alors qu'en général, beaucoup de conceptions d'émergence reposent sur l'absence de quelque chose, s'appuyant plus particulièrement sur la non-causalité événementielle entre les parties et le Tout, la nonréductibilité et l'imprédictibilité des propriétés émergentes. Selon cette définition, un phénomène est émergent si :

- Il y a un système d'entités (ensemble d'agents) en interaction dont la description des états et de la dynamique se fait dans un vocabulaire ou une théorie D et n'est pas exprimée dans les termes du phénomène émergent à produire,
- La dynamique des agents en interaction produit un phénomène global qui peut être un processus, une structure stable, une trace d'exécution ou n'importe quel invariant statique ou dynamique ,
- Ce phénomène global peut être observé et décrit, soit par un observateur extérieur, soit par les agents eux-mêmes dans un vocabulaire ou une théorie distincte, c'est-à-dire en des termes distincts de la dynamique sous-jacente.

Plusieurs autres définitions sont données de la notion d'émergence, Bonnabeau en a recensé plusieurs dans (Bonnabeau, 1997). Dans la suite nous aborderons cette notion relativement à un observateur et un modèle.

4.2 Approche de l’émergence relative à un observateur

L’émergence relative à un observateur, on peut distinguer deux cas :

- **Le cas où un observateur est requis pour les auteurs :** Dans ce cas, si on utilise des mécanismes d'observation on peut parler d’une certaine façon d’un acte cognitif, et l'observable n'a de sens que dans le contexte d'un modèle donné.
- **Dans le cas où aucun observateur n’est requis:**
  - Bedau (Bedau, 1992) parle d’échelles spatio-temporelles complètement différentes entre les niveaux. Quant à Langton (Langton, 1989) pour tout système non linéaire, le principe de superposition ne marche pas,
  - Pour Baas (Baas, 1992) les mécanismes d'observation sont identiques aux différents niveaux.

4.3 Approche de l’émergence relative à un modèle

L'émergence relative à un modèle est complètement définie en systémique. (Voir Cariani et Kampis), pour les autres auteurs tels que :

- Rosen (1985): après que l'émergence ait lieu, de nouveaux modes de description du système (caractérisés par des observables très différents) émergent
- Pattee (1989*):« les modèles des structures dissipatives, théorie des catastrophes, fractals, chaos donnent certes une respectabilité scientifique à l'émergence, mais ne véhiculent pas la pleine essence de l'émergence biologique, puisqu'aucune structure nouvelle ne peut apparaître, chaque structure étant une des configurations connues du domaine formel ».* L'incomplétude et l'indécidabilité laissent largement la place pour des types d'émergence entièrement inconnues et fondamentalement imprédictibles »,
- Cariani (1989,1991) parle de déviation de comportement d'un système observé par un observateur qui en a un modèle.

4.4 Modèle conceptuel dans les cas de phénomènes émergents

Le modèle est fait pour l'intégration de la plupart des conceptions de l'émergence. Il n'est que descriptif, et pas prescriptif, pour activer l'émergence. Le modèle est basé sur les niveaux d'organisation, de détection et les théories de la complexité.

4.4.1 Modèle basé sur les niveaux d’organisation

Dans les travaux portant sur les sciences de la cognition, le paradigme de niveaux d’organisation est très étudié. Son existence est directement liée à la démarche scientifique cartésienne procédant par décomposition. L’émergence selon Bonnabeau est caractérisée par la notion de niveaux d’organisation. A titre d’exemple :

- Un article est organisé en chapitres, sections, phrases, mots, caractères, pixels etc.
- Une unité de transformation comme un moteur, un téléviseur, un ordinateur, même un être humain.
- Un ensemble, une société, une colonie d’entités, etc.

Nous remarquons qu’à travers ces exemples certaines entités sont statiques (article) et d’autres dynamiques (unité de transformation, société, etc.), d’autres sont fermés c'est-à-dire sans l’existence d’aucune interactions (Article) contrairement aux autres (société, unité de transformation).

En prenant appui sur les exemples sur les modèles de systèmes économiques, de fourmilières qui correspondent à certaines caractéristiques de l’émergence, nous notons la présence :

- D’acteurs en interaction avec une perception locale et une possibilité d'action locale,
- De spectateurs : une ou plusieurs entités sensibles au phénomène émergent, et possédant une perception globale,
- De Processus qui inclut :
  - Un état initial basé sur une organisation de niveau N,
  - Une séquence d'événements,
  - Un état final correspondant à un niveau d'organisation supérieur N',
  - Une échelle de temps compatible avec celles des acteurs et des spectateurs.

Les auteurs reprennent les exemples exposés de phénomènes émergents pour caractériser ces éléments. De cela, nous allons extraire les traits communs qui caractérisent les niveaux d’organisation. Parmi ces traits caractéristiques nous citons:

- La multiplicité de niveaux,
- La loi de composition qui définit les entités de niveau supérieur à partir de celles de niveau inférieur,
- Les relations entre les niveaux (analogie, hiérarchie),

- L’irréductibilité: il n’est pas possible de supprimer des niveaux ou de les connecter un niveau n-1 directement à un niveau n+1,
- L’autonomie des niveaux : existence de propriétés, des relations, du comportement des lois concernant les entités concernées à un niveau donné, indépendamment des autres niveaux.

Ces traits caractéristiques peuvent être synthétisés selon la formule suivante :

> ***« (E', R') est un niveau d'organisation s'il existe une relation R' dans E' qui ne peut être déduite des relations R" sur E ».***

4.4.2 Comment détecter le phénomène d’émergence ?

Nous avons déjà souligné l'importance de l'observateur. Nous proposons un modèle de certains processus cognitifs qui apparaissent dans l'esprit de l'observateur, lorsqu’intuitivement il s’aperçoit que quelque chose émergé. Donc l’émergence peut se détecter lorsqu’on observe :

- **Un changement de niveau de description**

Dans ce cas de figure l'émergence correspond à une activation du niveau supérieur de description. La comparaison entre les différents exemples donnés par Bonnabeau (Bonnabeau et al, 1995) montre qu’un objet émerge s’il est qualitativement différent de ses composants. Le niveau de description apparaît comme «situé» : il dépend de l'observateur, ce qu'il est en train d'examiner, et son point de vue actuel. L’émergence peut être également située, on parle alors :

- **D’Hiérarchie d’appartenance**

Dans ce cas l'émergence prend place entre deux niveaux de description. Un schéma montre l'hypothèse d'un découpage entre niveaux selon une correspondance d'un groupe d'éléments à un niveau n (partition) à un élément de niveau n+1. La théorie des catégories et un formalisme d’Ehresmann et Vanbremeersch (Ehresmann et Vanbremeersch, 1989) appliqué aux réseaux de neurones est alors utilisés. Il s’agit alors de relier (en gros) un réseau local à un pattern global (niveau supérieur). Ce qui nous semble plus intéressant, c'est la possibilité évoquée d'introduire la notion d'intentionnalité des agents locaux, et la difficulté de l'introduire au niveau global. Ces auteurs considèrent que l'émergence se produit quand un objet est soudainement perçu au niveau n+1 quand jusque là seuls les objets de niveau n étaient perçus.

4.4.2.1 La hiérarchie de détection

Nous proposons ici que la structuration de la perception donnée au niveau de description est une conséquence directe de l'existence d'une hiérarchie de détection. L'observateur doit avoir en

conséquence plusieurs détecteurs organisés en une hiérarchie de détection afin d'être en mesure de percevoir la réalité de façon hiérarchique. Un détecteur de niveau n est relié à une occurrence d'un n-objet, de sorte que l'émergence se voit caractériser par :

> ***« L'activité soudaine d'un (n +1) – un détecteur est déclenché par un ensemble de n détecteurs activés ».***

Le concept de détecteur est utilisé ici au sens de la théorie de la communication. Pour illustrer notre propos nous en donnons ici quelques exemples, **Exemples :**

- Dans les réseaux de neurones nous avons à faire à des détecteurs câblés,
- Dans le cas de détection dans la hiérarchie de langage : ici nous citons les détecteurs de mots, les règles de grammaire pour détecter des phrases bien structurées. Ces capacités linguistiques ont été modélisées par les théories linguistiques,
- Dans le cas des hiérarchies conceptuelles : un objet conceptuel, membre d'une hiérarchie d'appartenance, est pertinent s'il peut être utilisé comme constituant d'une solution. Cette émergence conceptuelle peut se produire à cause du fait que les concepts soient organisés localement dans les hiérarchies.

4.4.2.2 Accroissement de la complexité d'un système

La notion de complexité est essentielle dans le processus de caractérisation de l'émergence, car l'émergence accroît la complexité d'un système. La complexité est en étroite relation avec l'organisation, elle peut être définie par la fonction suivante **C (Syst/ {Tools})** où :

- **C** : complexité
- **Syst**: système observé
- **Tools**: ensemble d'outils disponibles pour l'observateur

Plusieurs approches existent à partir desquelles la complexité peut être mesurée:

- Entropie et information
- Information mutuelle entre 2 éléments A et B
- Partition: information mutuelle minimale

Dans la suite nous analysons le concept d'émergence au sein des CoPs. Le but ici est de caractériser le phénomène d'émergence des connaissances que l'on observe dans les CoPs comme correspondant à une propriété de la notion d'émergence étudiée précédemment.

5. Le concept d'émergence et les CoPs

Il est généralement admis dans le domaine des SMA, que l'activité collective complexe observée au niveau du système est la résultante des interactions d'activités plus simples au niveau agent. L'émergence pouvant se révéler un moyen de passage entre l'activité du «micro-niveau » et celui du « macro-niveau ». La notion d'émergence peut être définie de manière intuitive comme une propriété macroscopique d'un système qui ne peut pas être inféré à partir de son fonctionnement microscopique (Gleizes, 2004). Edgar Morin (Morin, 1977), la définit plutôt comme *« représentant les qualités et propriétés qui apparaissent de façon nouvelle dans un système suite à une action (interaction des membres d'une communauté)»*, qualités qui n'existent évidemment pas au niveau des parties telles qu'elles se présentent isolément.

5.1 L'émergence de connaissances dans les CoPs

Dans le domaine de la gestion de connaissances, on distingue souvent les connaissances individuelles, les connaissances organisationnelles et la relation entre les deux. Lors de la résolution d'un problème, les capacités de tous les individus sont utilisées pour agir ensemble et on constate que cette interaction fait que la connaissance organisationnelle n'est pas que le rassemblement des connaissances individuelles (Probst et al, 2000). La totalité des connaissances individuelles et organisationnelles, y compris les données et les informations sur lesquelles ces connaissances sont fondées, constituent la mémoire organisationnelle (*Corporate Memory*). L'organisation peut recourir au contenu de cette mémoire pendant la résolution d'une tâche.

Dans le cas des CoPs, analogue à la situation décrite dans l'organisation, les connaissances existant au niveau de la communauté en tant que collectif font bien plus que la somme (dans le sens d'une simple juxtaposition) des connaissances de tous les membres (Brown et Duguid, 1991). Les CoPs possèdent une méthode particulière de résolution de problème. En plus de l'échange de connaissances explicites, les membres de la communauté confrontés à un problème commencent à faire des récits plus ou moins circonstanciés de leurs expériences du passé relatives au problème actuel (*« narration »* ou *« storytelling »*). En transmettant des connaissances sur la base de récits, la communauté essaie d'arriver à une solution en accumulant les expériences de ses membres. Il s'agit d'un mode de communication tout à fait humain. Comme le soulignent Boland et Tenkasi (Boland et Tenkasi, 1995), *« human cognition operates almost continuously in narrative, storytelling mode »*. Par la confrontation de plusieurs points de vue, de différentes approches, tout en partageant des pratiques communes, les membres de la communauté mettent des connaissances existantes dans de

nouveaux contextes et créent ainsi de nouvelles connaissances. Il y a donc ici émergence de connaissance grâce à la communication et l'interaction entre les membres de la CoPs pendant le processus de résolution d'un problème. En quelque sorte, l'entreprise commune et le répertoire partagé constituent des résultats émergents des CoPs. L'entreprise commune émerge d'un processus collectif permanent de négociation qui reflète la complexité de la dynamique de l'engagement mutuel des membres de la communauté. Elle désigne l'identité commune : *« What the community is about »*.

Le répertoire partagé émerge également grâce à la communication et l'interaction entre les membres de la communauté de pratiques. Il s'agit de l'ensemble de ressources accumulées *propres* à une CoPs particulière. Par la suite, les ressources regroupant des supports physiques tels que des prototypes, des routines, des mots, des gestes, des symboles, des outils et des concepts etc. sont mises en commun pour favoriser la poursuite des buts à atteindre. Donc le répertoire désigne l'ensemble des ressources accumulées propres à une CoPs particulière et regroupe des supports physiques tels que des prototypes, des routines, des mots, des gestes, des symboles, des outils et des concepts etc. Co-construites pour favoriser la poursuite des buts à atteindre. De cette façon, les individus peuvent se servir du répertoire partagé déjà acquis pour ensuite créer de nouvelles connaissances. Ces phénomènes émergent donc au niveau macro (la communauté comme ensemble) à partir d'une interaction entres les membres de la CoPs (niveau micro). D'ailleurs dans ces définitions on voit bien un parallèle entre le phénomène d'émergence Edgar Morin (Morin, 1977) et la notion de CoPs.

D'ailleurs, il y a ici un parallèle entre le phénomène de l'émergence et les communautés de pratiques : les deux ne se pilotent pas, mais on peut tenter de créer des conditions qui sont favorables au développement des interactions et par là favorables à l'émergence d'éléments nouveaux. Cette notion de faire-émerger nous amène à l'enaction (Varela, 1989) qui par le poids qu'elle donne à l'action pourra nous offrir un éclairage complémentaire.

L'autre aspect de l'émergence des connaissances dans les CoPs peut être réalisé à travers les techniques du storytelling (Soulier, 2004). La notion de « Storytelling » (récit) couvre un ensemble de techniques pour l'ingénierie des connaissances. Ces techniques s'appliquent aussi bien sur les connaissances individuelles, les processus cognitifs, la coopération et les savoir-faire collectifs d'un domaine de connaissances. Le storytelling est considéré comme étant une pratique et une technique, il illustre non seulement l'importance du partage de connaissances et la communication dans le travail, mais aussi les problèmes conceptuels soulevés par la question du partage de connaissances tacites au sein d'une CoPs (Soulier, 2001 ; Brown & Duguid, 1991 ; Wenger, 1998). Le storytelling permet ainsi à des utilisateurs face à des difficultés d'échanger leurs *Soft Knowledge* (savoir-faire)

pour arriver à résoudre un problème auquel ils sont confrontés. La place du récit sert fortement lors de la transition entre un ancien et un nouveau membre. La connaissance transmise au cours de cet échange est légitimée par la suite dans un espace distribué, cette opération se déroule par simple enregistrement qui sera mis à disposition des membres par la suite. En outre, le récit permet d'interpréter tout type de connaissances afin d'en comprendre la substance ou bien d'en faire de nouvelles inférences.

Brown et Duguid (Brown & Duguid, 1992), Wenger (Wenger, 1998) soulignent que les connaissances produites au sein d'une CoPs restent pour le moins tacites et faiblement codifiés et se transmettent de plusieurs façons (compagnonnage, pratiques du Storytelling). Les CoPs possèdent une méthode particulière de résolution de problème, en plus de l'échange de connaissances explicites, les membres de la communauté confrontés à un problème commencent à faire des récits plus ou moins circonstanciés de leurs expériences du passé relatifs au problème actuel (*« narration »* ou *« Storytelling »*). En transmettant des connaissances sur la base de récits, la communauté essaie d'arriver à une solution en accumulant les expériences de ses membres. Il s'agit d'un mode de communication tout à fait humain. Comme le soulignent Tenkasi et Boland (Tenkasi, 1995), *« human cognition operates almost continuously in narrative, storytelling mode »*. Par la confrontation de plusieurs points de vue. Tout en partageant des pratiques communes, les membres de la communauté mettent des connaissances existantes dans de nouveaux contextes et créent ainsi de nouvelles connaissances. L'établissement des phénomènes d'émergences au sein d'une CoPs peut se voir selon deux axes. Le premier axe concerne l'aspect organisationnel qui correspond aux phénomènes liés à la mise en relation des membres de la CoPs, indépendamment des outils technologiques utilisés lors des échanges du partage des connaissances. Le second axe concerne l'aspect technologique qui porte sur les phénomènes directement liés à l'utilisation des outils technologiques comme support des interactions.

Dans la suite nous aborderons un aspect portant sur la modélisation des connaissances issues des interactions entre membres de la CoPs. Il s'agit pour nous ici de différencier les types de connaissances.

5.2 La modélisation des connaissances dans les CoPs

La modélisation des connaissances porte non seulement sur les connaissances de résolution de problèmes mais également sur les connaissances permettant la coopération entre acteurs d'une communauté, d'un groupe ou d'une organisation. Comme nous l'avons montré dans l'introduction il existe plusieurs types de connaissances. La modélisation de ces connaissances requière des méthodes

différentes. Le travail individuel, qu'il fasse partie de la gestion ou des activités centrales de l'organisation, exige des connaissances. Nonaka et Takeuchi (Nonaka et Takeuchi, 1995) soutiennent que la connaissance tacite existe dans l'esprit humain de manière symbolique. Elle est intimement liée au vécu de l'individu et elle est constituée de facteurs intangibles comme la perspicacité, la subjectivité, les croyances, les valeurs, la vision personnelle du monde, les tours de main et les émotions. La nature subjective et intuitive de la connaissance tacite la rend difficile à traiter ou à transmettre de manière systématique. Pour que la connaissance tacite soit communiquée et partagée dans l'organisation, elle doit être convertie en mots ou nombres que n'importe qui peut comprendre. Ce processus de conversion de tacite en explicite s'appelle « articulation » ou « formalisation » et c'est dans l'espace-temps de cette conversion qu'a lieu la transformation de la connaissance individuelle tacite en connaissance organisationnelle explicite et collective.

L'évolution du concept de connaissance est tout à fait remarquable : ce concept revêt une explication statique, en tant que contenu, résultat d'un apprentissage équivalent à un savoir puis donnée intégrée dans le cerveau humain, sa compréhension tend à devenir dynamique, la connaissance étant interprétée voire « énactée » par l'individu (Daft et Weick, 1984). Ces deux perspectives font appel à deux « épistémologies » (pour reprendre le terme employé par Brown et Cook, 1999)) distinctes de la connaissance : l'épistémologie de la possession selon laquelle la connaissance est un objet statique (Argyris et Schön 1978, Cohen et Bacdayan 1994), l'épistémologie de la possession, la connaissance est issue d'une transformation ou du moins d'une articulation d'informations. La chaîne de transformation des données en compétences développée par Mack (Mack, 1999) constitue un élément intéressant. La notion de connaissance ainsi présentée est la résultante formelle et systématique d'un processus de transformation et d'articulation de données et / ou d'informations. Leur formalisation assure une diffusion rapide et aisée, par le langage ou la description, à travers toute l'organisation. Les individus sont capables de les exprimer, de les décomposer, sous forme de cahiers des charges, de formules scientifiques ou de programmes informatiques. L'épistémologie de la pratique, les auteurs incluent une dimension dynamique dans leur approche de la connaissance, notamment en précisant ce qu'est « l'articulation » des informations. L'articulation ou encore l'assemblage des données consiste en l'agrégation, le traitement et la compréhension des informations par les individus qui leur donnent un sens. Cette notion de création de sens sous-tend plusieurs points fondamentaux.

Quant à Nonaka et Takeuchi (Nonaka et Takeuchi, 1995), ils définissent la connaissance comme l'ensemble des perceptions cognitives, des compétences, du savoir-faire ou encore de l'expertise, intégrés dans les produits ou services.ils définissent alors deux types de connaissances : connaissance

tacite et connaissance explicite. La connaissance tacite peut être définie comme une connaissance qui est personnelle, spécifique à un contexte donné et difficile à articuler en un langage formel. Elle est ainsi la connaissance acquise par l'expérience, c'est pourquoi elle reste difficile à formaliser et à communiquer (Nonaka et Takeuchi, 1995 ; Polanyi, 1966, 1969). Cette connaissance tacite peut être détenue individuellement ou collectivement, par des expériences ou interprétations d'événements partagées. Quant à la connaissance explicite, elle regroupe les informations, faits et connaissances scientifiques qui peuvent être articulés, codifiés et donc transférés de façon formelle, par le truchement de méthodes systématiques, telles que les règles et procédures (Nonaka et Takeuchi, 1995 ; Polanyi, 1966 ; 1969). La connaissance explicite individuelle concerne les connaissances et compétences qui peuvent être facilement enseignées ou écrites, alors que la connaissance explicite collective concerne davantage les procédures opérationnelles standards, la documentation, les systèmes d'information, et les règles (Brown et Duguid, 1991).

Ainsi le processus de création de connaissances est fondé sur la permanence et la continuité d'échanges d'informations. Les connaissances tacites engendrées sont incrémentales et évolutives, et afin qu'elles soient prises en compte dans les pratiques de la communauté, elles doivent être connectées avec les objectifs personnels des membres. Pour capturer les connaissances créées et engendrées par les membres d'une CoPs, on peut recourir au modèle de création de savoir développé par Nonaka (Nonaka, 1995).

5.3 Les CoPs et le travail coopératif

Pour Schmidt (Schmidt, 1994) le travail coopératif «*émerge quand plusieurs acteurs sont mutuellement dépendants dans leur travail et doivent se coordonner et rassembler leurs productions individuelles pour être en mesure d'effectuer la tâche qui leur a été confiée* ». D'après lui, le travail coopératif désigne exclusivement le travail collectif sur un objet commun correspondant au but principal du collectif.

Un collectif représente un groupe de personne travaillant dans une même équipe ou au sein d'une communauté, quant à la coopération elle désigne un terme qui induit l'idée d'une action collective fondée sur l'entraide. Le travail coopératif génère un travail spécifique et distinct que Schmidt nomme le travail d'articulation et qui découle de la nécessité de restreindre le caractère distribué des activités interdépendantes complexes. Pour Boughzala (Boughzala, 2001) ces acteurs sont liés sous une forme de coopération, et ajoute *« si entre des acteurs l'activité collective s'exerce dans un contexte d'interdépendances cognitives, cela les oblige à procéder à des transactions intellectuelles pour réduire cette interdépendance ».*

Par opposition à la définition donné par Schmidt, nous pouvons considérer le travail coopératif comme étant l'ensemble des activités réalisées par un groupe d'agents soucieux de réaliser des objectifs communs qu'ils se sont assignés, et des moyens mis en œuvre. Cet ensemble d'activités collectives réalisées sont en réalité des activités coopératives dont les moyens de réalisation et d'atteinte des buts ne sont d'aucune façon standardisés, ce sont les acteurs eux-mêmes qui définissent les modalités d'articulation de leurs contributions. Dès lors le concept de coopération s'applique pour une grande part dans des contextes où les activités collectives sont organisées.

Pour entamer une activité coopérative (centralisée ou distribuée), il est nécessaire de définir un objectif commun entre les agents exécutants cette activité. Son exécution suppose ainsi qu'il existe une ressource partagée, un ensemble de connaissances, ce qui génère en retour de l'expérience. Schael (Schael, 1997) définit la coopération comme étant *« une aptitude à la communication, à la coordination et à la collaboration d'un ensemble d'acteurs pour la réalisation d'un objectif commun »*. Les phénomènes de coopération dans une communauté de pratiques résultent alors d'une volonté de ses membres à échanger, partager des connaissances, collaborer, rechercher un consensus et coordonner leurs activités dans le souci de trouver une solution au problème auquel ces participants sont confrontés. Comme le souligne De Michelis (De Michelis, 1994) cette recherche de consensus met en jeu les mécanismes de négociation et que l'on pourrait décrire par des mécanismes de communication, de coordination et de collaboration. La collaboration se caractérisant comme une forme d'engagement mutuel des membres d'une communauté dans un effort coordonné pour résoudre ensemble un problème.

La coordination quant à elle se définit comme : « *l'agencement des parties d'un tout selon un plan logique, pour une fin déterminée* ». Cette définition s'adapte bien à la coordination au sein des organisations. La coordination est une façon de travailler ensemble de manière harmonieuse. La mise en place d'une véritable coordination des activités nécessite de subdiviser les objectifs de travail, d'affecter les actions aux groupes ou aux acteurs, de leur allouer des ressources adéquates à ceux-ci et partager l'information nécessaire entre eux pour les aider à réaliser leurs buts. La coordination suppose donc :

- Une *décomposition* du processus en activités,
- Une *planification* des activités,
- Une *affectation* des acteurs aux activités.

La coordination est l'ensemble des activités requises pour maintenir la cohérence à l'intérieur d'un processus ou à gérer les interactions entre les agents qui accomplissent ce processus. Elle est rendue

plus complexe d'une part parce que les étapes du processus ne sont plus organisées en fonction des étapes d'une méthode linéaire mais en fonction de modules cohérents représentant un résultat en termes de produit (informationnel ou physique); d'autre part parce que ces étapes doivent quand même être traitées en vue d'un objectif commun. Outre que la qualité et la fréquence des échanges d'informations sont essentielles pour favoriser l'émergence d'une véritable connaissance commune des partenaires, toute forme de collaboration dans les CoPs permet ainsi de résoudre de façon collective un ensemble de ***tâches*** entre membres. A travers des ***interactions*** les membres de la communauté négocient pour résoudre des problèmes en s'appropriant de façon collective de nouveaux procédés. Le scénario que l'on peut observer est que la réalisation de ces tâches nécessite de disposer d'un ***plan de réalisation*** qui spécifie comment et par qui les stratégies sont appliquées, à partir de ce plan ils se dotent d'un ***plan de suivi*** qui informe de la progression des travaux et le modifie, s'il y a lieu. C'est de cette façon qu'ils intègrent, individuellement et communautairement, leur vision partagée du problème, le résultat de ces interactions et actions est vue comme une sorte d''intelligence collective. Une forme d'expertise s'en dégage et est inscrit par la suite à l'intérieur d'une ***mémoire consignée (base documentaire),*** commune, accessible et pérenne. Ce rendu permet alors d'évaluer leur rendement par rapport aux attentes et objectifs de départ. Les bénéfices peuvent alors être utiles à l'organisation qui peut les transférer à d'autres situations de travail.

Ces divers processus incorporent alors les ***zones de coordination*** et ***d'évaluation*** d'une communauté de pratiques : un ***site Web de références***, un ***forum de discussion*** en temps asynchrone et une ou des ***bases de connaissances*** ce qui constitue l'outillage requis pour permettre aux participants de repérer, d'analyser, d'interpréter, de critiquer, d'échanger et de conserver des informations, des méthodologies, des stratégies et des résolutions. Le mode de communication en temps asynchrone semble le plus approprié car il et plus performant et permet de stimuler la réflexion analytique et critique relativement à un problème.

Marx (Marx, 1867) définit la coopération comme l'activité où : « plusieurs individus travaillent ensemble de façon planifiée dans le même processus de travail, ou dans des processus distincts, mais liés entre eux » (Marx, 1867). On peut ajouter à cette définition l'aspect « productif ». Ainsi, un environnement coopératif est un environnement de production dans lequel c'est un groupe qui produit. Du point de vue de la gestion des connaissances et compétences, la coopération met en lumière deux types de situations :

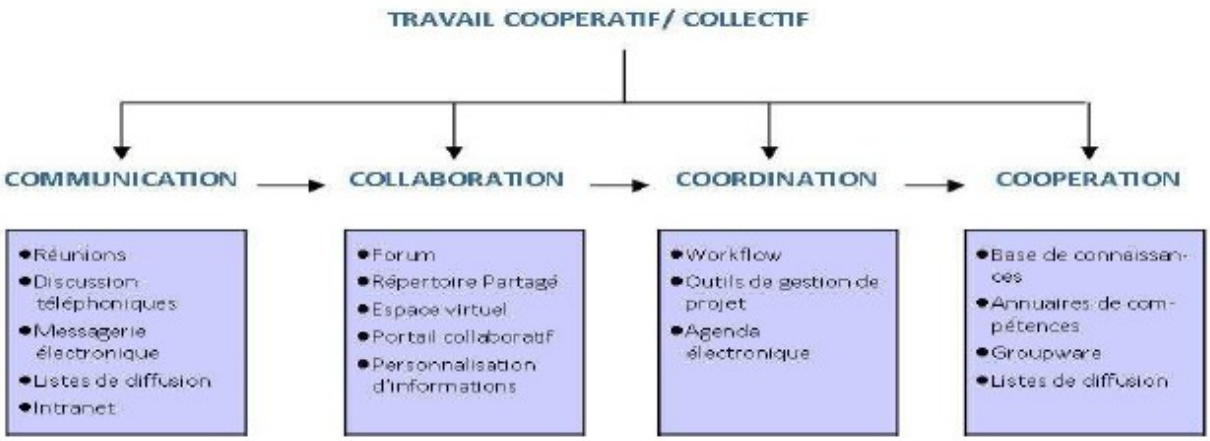
- La résolution de problèmes de manière distribuée, situation dans laquelle le problème est tellement complexe qu'une seule et même personne ne peut en construire qu'une représentation partielle et limitée,

- La résolution de problème en groupe, situation dans laquelle chacun peut appréhender la structure globale du problème.

Nous emploierons alors dans la suite les deux notions (coopération et collaboration), car lorsqu'on parle d'outils technologiques au sein des CoPs on fait plus référence à l'adjectif collaboratif que coopératif. Donc, notre travail de modélisation portera sur la représentation abstraite à travers des modèles de ce qu'est une communauté pour arriver à proposer un prototype d'intermédiation pour les CoPs. Mais gardons toutefois à l'esprit que tout processus de coopération et/ou de collaboration entre un émetteur et un receveur nécessite un minimum de confiance.

L'analyse de plusieurs plateformes au service du travail collectif laisse alors apparaître quatre facettes mettant enjeu diverses fonctions du travail coopératif que nous représentons à travers cette figure :

Figure 5 : La communauté de pratiques selon Wenger (Wenger, 2002)



La suite de notre travail va porter sur le lien étroit qu'entretiennent les CoPs et les outils technologiques. Le but étant ici de faire ressortir des points utiles à intégrer dans l'élaboration de notre système.

6. Supports technologiques aux CoPs.

Dans la littérature on rencontre de plus en plus de travaux portant sur l'utilisation des technologies au sein des CoPs. Les technologies Internet ont favorisé l'apparition de diverses applications en offrant la possibilité aux différentes équipes de travailler ensemble que ce soit en mode synchrone ou asynchrone même si elles sont géographiquement dispersées.

On peut subdiviser l'environnement dans lequel les technologies interviennent en deux mondes, l'un est virtuel, et l'autre est dit « face-à-face ». Dans ces deux mondes les TIC ont leur place, certes moins centrale dans le second que dans le premier. Même si l'outil informatique et communicationnel (technologie Internet) est dans les deux cas présent, les applications, en tant que processus d'interface et de fonctionnalité entre l'homme et la machine ne sont pas les mêmes. La structuration des activités par et avec les TIC est différente. Dans un cas, les TIC tentent de structurer le processus global, dans l'autre les TIC sont des aides souples et flexibles, des outils de médiation qui favorisent les interrelations entre les acteurs. C'est dans la perspective du deuxième cas que nous souhaitons intervenir en apportant une aide supplémentaire par l'implication des avantages de l'intelligence artificielle distribuée. Les deux mondes que nous évoquons sont à prendre comme des archétypes, ils sont souvent présents en même temps, il y a en permanence des tensions entre les deux, mais parfois aussi des associations possibles selon les activités à réaliser permettront à la fois l'efficacité et la souplesse.

En effet, l'usage des médias permet de maintenir le contact, toutefois il est nécessaire de rafraîchir les relations par une rencontre réelle des membres. Ce conduit à raviver les relations et à créer des relations interpersonnelles de qualité. Pour Yvon Pesqueux (Pesqueux, 2006) les communautés peuvent être vues comme une organisation éclatée au sein de laquelle, des échanges électroniques ne permettent pas de transférer des connaissances tacites d'où la nécessité des interactions physiques pour construire le lien de confiance préalable aux échanges.

L'avantage des interactions indirectes procure une réduction du nombre de réunions, permet de capitaliser les résultats, et favorise une communication plus explicite (Storck & Hill, 2000). Des auteurs tels que Robert Reix (Reix, 1997) (Carlson & Zmud, 1999) et Limayem Kalika, Boukef (Limayem et al. 1998) (Kalika & Boukef, 2002, 2006) (Shan et al, 2003), dans leurs travaux concluent que les TIC en tant qu'infrastructure générale du Knowledge Management fournissent des mécanismes de mise en relation entre membres d'une CoPs. En même temps ils jouent le rôle de support aux activités pour différentes CoPs, ce qui pourrait faciliter la nouvelle pratique d'utilisation et de partage global des connaissances dans l'entreprise, enfin, pour Lesser et Storck (Lesser et al., 2001) les TIC permettent aussi de constituer une CoPs**.**

Ainsi, grâce aux réseaux Internet/ intranet et leurs interconnections généralisées à l'échelle des groupes de travail ou de service, il est possible de réaliser un puissant maillage technique. Ce maillage permet alors de déployer et construire de nouveaux outils de partage de connaissances, de gestion de projet, de gestion documentaire. Dans cette veine Wenger offre une contribution importante à ce secteur de recherche avec une étude sur les technologies réorientées communauté. Il

définit ainsi huit dimensions importantes pour une stratégie des communautés basée sur la connaissance. Ces huit dimensions ciblent les besoins inhérents à la construction d'une CoPs, nous présentons dans ce suit les plus significatives en rapport avec notre objet d'étude (Wenger, 2001) :

- La ***structure sociale de la connaissance - groupes vs marchés*** : décrit le besoin d'échange de connaissance à travers des frontières d'une part, et le besoin de structures sociales (équipements pour la participation) d'autre part.

Q1 : En quoi la structure sociale de la connaissance peut-elle influer sur la connaissance à créer ?

- Les ***processus de partage de connaissance - interactions vs documents*** : décrit le besoin d'interagir et de négocier le sens afin de créer et de partager la connaissance parmi les membres de la communauté d'une part, et la nécessité de créer un répertoire pour stocker et sauvegarder des documents d'autre part.

Q2 : Quels types de connaissances doit-on capitaliser et comment les conserver à des fins de réutilisation ?

- Le ***besoin d'effectuer des activités spécifiques*** orientées apprentissage d'une part, et le besoin d'avoir un contexte adéquat pour travailler ensemble d'autre part. De ces activités émanent des connaissances dont il est nécessaire de réfléchir au moyen de pouvoir les capitaliser et les sauvegarder pour une future réutilisation.

Q3 : quels sont les besoins réels qui peuvent pousser les organisations à motiver des acteurs à se regrouper sous forme de communauté pour réaliser des activités ? Et comment peut-on répondre à ces besoins ?

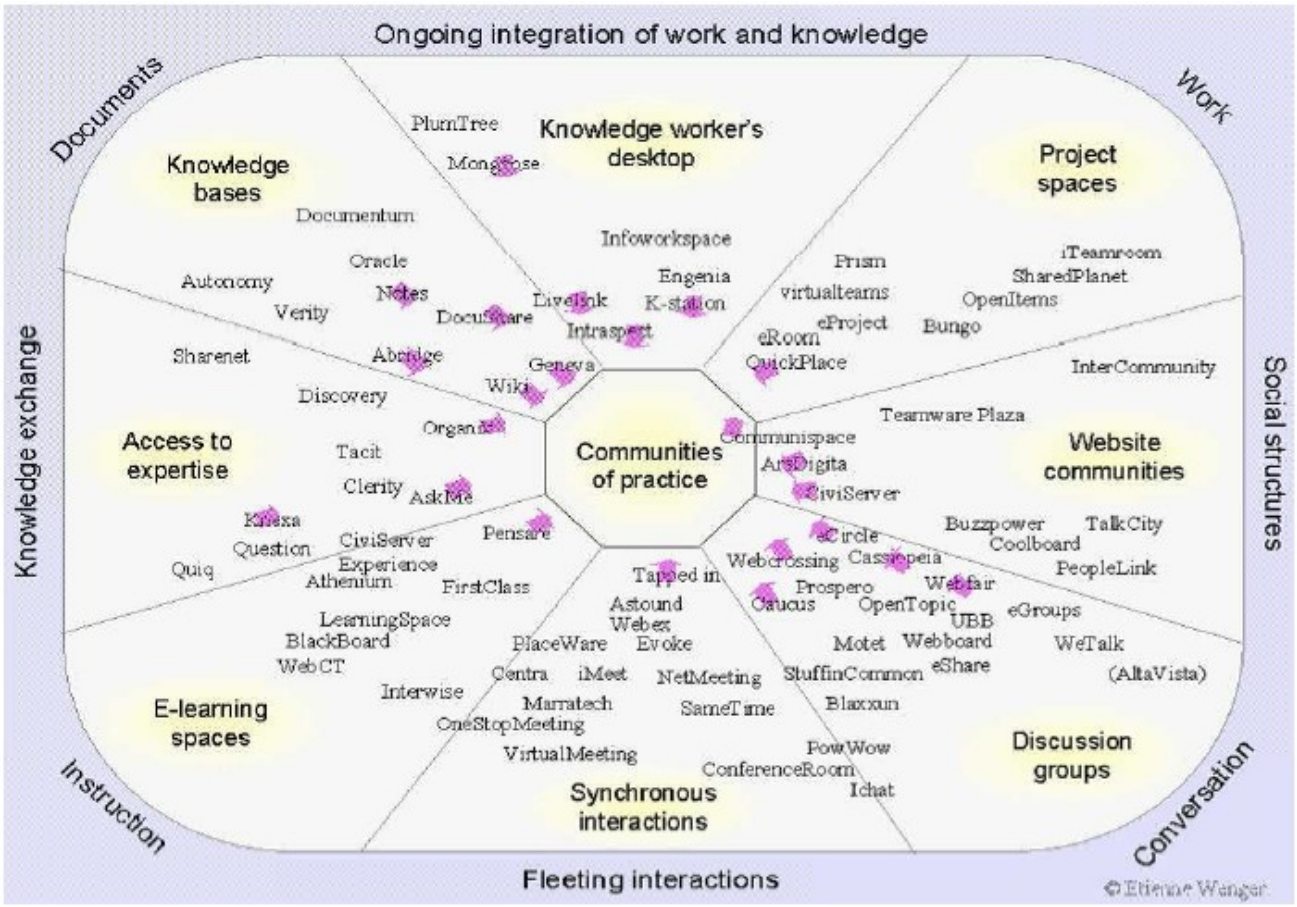
Ces grands questionnements vont servir de guide à la construction de notre système. Dans la suite nous décrivons les différentes formes d'interactions qui existent dans les CoPs et nous montrerons à l'aide de quels dispositifs ces interactions prennent forme, et quels en sont les avantages et inconvénients. Puis nous conclurons par une synthèse des fonctionnalités que nous retiendrons.

Dans la partie suivante nous décrirons et analyserons plus en détail un ensemble d'outils et de plateformes collaboratives pour montrer l'importance de chacune d'elle dans un processus de travail coopératif. Suite à cela nous dégagerons des points à prendre en compte lors du développement d'un support au service des CoPs.

6.1 Description et analyse des outils ou plateformes collaboratives supports aux activités des CoPs.

Wenger positionne un certain nombre de technologies selon différentes dimensions dans les CoPs. La figure ci-dessous est une illustration des technologies orientées communauté en fonction des besoins de la CoPs.

Figure 6: Les systèmes technologiques au service des CoPs d'après (Wenger, 2001)



Wenger (Wenger et al. 2005) affirme que le succès de l'utilisation des technologies dépend des orientations de la communauté ; quant à Kloos (Kloos, 2006), il suggère tout d'abord de comprendre la nécessité d'utiliser les logiciels sociaux d'une part dans les CoPs et ensuite leur impact sur le fonctionnement de ces CoPs. Dans son travail, il présente différents types de logiciels pour la plupart orientés utilisateurs, pour un partage d'intérêts commun et qui exigent une participation active et un engagement réussit. Pour Gorissen le logiciel « sociaux » se définit comme: *« Software that is aimed at simplifying the achievement and enduring of networks among people »* (Gorissen, 2006).

En étudiant les logiciels sociaux sous le prisme de la dualité de la participation et de la réification, Kloos arrive à la conclusion que les logiciels « sociaux » offrent des facilités de participation (pour les contributions d'utilisateurs) ou bien de réification (sous forme d'histoires stockées). Le logiciel social offre les fonctionnalités suivantes:

- Il fonctionne comme espace de conversation ou comme un répertoire documentaire,
- Il gère le partage de connaissances d'une part, et la nécessité de créer un répertoire de connaissances d'autre part,
- Il offre des fonctionnalités plus pratiques comme des moteurs de recherche et des équipements pour poser et répondre aux questions (forum).

En raison de ces similitudes, il ressort des travaux de Martin Kloos que le logiciel social est un vecteur important dans le processus d'apprentissage au cours de la pratique dans les communautés.

Le choix d'une architecture est primordial dans un processus de soutien à l'apprentissage dans les CoPs, en ceci que les fonctionnalités offertes doivent être capables de stimuler l'engagement, l'imagination, l'entraide etc.

La figure 6 propose huit catégories de supports technologiques pertinents pour les communautés de pratique.

- Applications des travailleurs du savoir: pour aider à gérer la participation dans de multiples groupes. Ces applications sont fondées sur l'hypothèse que les travailleurs du savoir peuvent participer à plusieurs groupes, projets, et communautés, et doivent gérer cette multi-appartenance,
- Les espaces projets en ligne pour le travail en équipe : Ces systèmes fournissent un espace en ligne pour une équipe projet. Ils mettent l'accent sur la gestion de projet, l'ordonnancement des tâches, et la gestion des collections de projet relatif aux documents.,
- Les WebSite dédiés aux communautés telles que les communautés de clients, où la gestion de l'adhésion est importante. Ces systèmes se situent entre les groupes d'intérêt et les applications des travailleurs du savoir. Ils appuient plus ou moins et ce de façon étroitement les communautés connectées à travers les organisations et leurs frontières, y compris les clients, les fournisseurs, les partenaires et les employés (ex : les sites Webs communtyware, les Communispace[2], le eLogbook[3]),

[2] Wenger 2001 « Supporting communities of practice : a survey of community oriented technologies »

[3] eLogbook (application Web 2.0 développée par l'EPFL au sein de palette).

- Les groupes de discussions ciblés sur les communautés d'intérêt avec peu d'engagement pour une pratique partagée. Ils visent à soutenir des conversations entre les communautés mobiles, les communautés d'intérêts, ou les groupes de discussion. Ces groupes sont parfois très grands, avec plusieurs sujets. L'objectif de ces systèmes porte exclusivement sur les interactions au cours des conversations, généralement par le biais de discussion asynchrone, dans la plupart des cas, les interactions accroissent avec les capacités du « chat », l'indication de présence et la messagerie instantanée,
- Les réunions synchrones, salles de spectacles en ligne, salles de conférence et chat : dans cette catégorie, les systèmes fournissent des interactions synchrones à distance, tant pour les petits et les grands groupes d'auditoire interactifs Ils utilisent souvent une combinaison de médias audio et vidéo pour fournir une expérience de co-présence. (Ex les chats orientés espace pour les communautés virtuelles Tapped in),
- Les communautés orientées sur les systèmes de e-learning Ces systèmes offrent un espace à des fins des activités éducatives explicites dont certaines peuvent être utiles aux communautés de pratique. Ceci est vrai lorsque les communautés ont un corps de connaissance bien défini pour prendre en la formation de nouveaux arrivants. ex : Tikiwiki utilisé par les clubs Vinci, (Chouikha, 2007), la plateforme ePrep, CoP@Prep,
- Accès à l'expertise, à travers des questions ou des profils de l'expert. C'est le fondement des systèmes de gestion de connaissances traditionnelles. Ici les communautés de pratique sont vues comme le cœur de la stratégie du savoir partant de l'axe principal de la gestion de l'information aux structures sociales. Les CoPs produisent et partagent des documents et d'autres artefacts de connaissances, qui peuvent être mis sous format électronique, et dont ils gèrent efficacement,
  - Le cas des enchères dans lesquelles (un ou plusieurs) vendeur(s) appelé(s) initiateurs, est (ou sont) en interaction avec plusieurs acheteurs ou vendeurs appelés enchérisseurs,
  - Le cas des logiciels open-source dans lequel plusieurs développeurs interagissent en vu de rechercher la meilleure solution dans le cadre du développement d'un logiciel (Klein, 1997),
  - Le cas de la communauté Linux dont les membres collaborent à travers les mails ou documents (Cohendet et al, 2003) à la recherche de la meilleure solution appropriée à une étape précise du développement d'un logiciel, la connaissance échangée est le plus souvent tacite.

- Les référentiels de connaissances : des plateformes telles que le Sweetwiki[4] de la CoPs AdiRa qui propose des fonctionnalités d'aide à la construction des référentiels de connaissances.

En effet, toutes ces catégories d'applications représentent des activités qui prennent en compte les dimensions importantes pour les CoPs.

Dans la suite nous présenterons le fonctionnement de quelques outils au service des interactions asynchrones ou synchrones pour les CoPs.

6.1.1 Un collecticiel.

Un groupe peut travailler collectivement à distance lorsqu'il souhaite communiquer, produire en commun et se coordonner. Il s'agit pour cela de lui fournir des outils ou un environnement assurant les trois fonctionnalités définies dans le « trèfle d'Ellis ». On distingue généralement trois types de collecticiels (Benali et al, 2002) (Betbeder et Tchounikine, 2001) :

- Les ***outils élémentaires*** correspondent aux outils de communication de base, fréquemment utilisés dans les chats, forum, tableau blanc partagé, mail, etc.
- Les ***collecticiels centrés*** « tâches » correspondent aux collecticiels organisés autour de la nature de la tâche. (Les logiciels de gestion de projet par exemple)
- Les ***collecticiels centrés « modèles »*** correspondent aux collecticiels basés sur des modèles de l'activité conjointe (L'environnement SYMBA basé sur le modèle RSC est un collecticiel centré modèle).

Parmi ces outils on dénombre ceux utilisés dans le domaine de l'éducation, le développement des logiciels, le partage de connaissances.

6.1.2 Communispace

Communispace permet de créer des réseaux sociaux privés, des communautés en ligne pour des entreprises. Le but de ses entreprises est de pouvoir interagir avec ses multiples clients dans le but de recueillir leurs avis sur leurs produits. L'entreprise a pu ainsi développer plus de 300 collectivités, pour des clients tels que Kraft, HP, et Charles Schwab. Communispace (Communispace, 2005) est un système basé sur un navigateur. Il fournit un espace virtuel au sein duquel les membres échangent et partagent. Communispace nait de la volonté de l'entreprise à fournir un soutien explicite aux activités de la communauté. Communispace fournit des facilités aux activités telles que : la prise de décision, le brainstorming ou l'analyse du climat de la communauté en plus des services de

[4] sweetwiki.inria.fr/

discussion asynchrones que sont le chat, agenda, organisation de documents, et de création de profils utilisateurs. Ce support est basé sur le modèle de ses activités et fournit des procédures. L'activité brainstorming est gérée selon différentes phases :

- La première phase concerne la proposition d'idée, la seconde la discussion tout autour des idées proposées, la troisième le classement et enfin la quatrième phase la sélection.

En combinant la structure des activités et la dimension sociale de ses membres, Communispace s'appuient là-dessus pour inciter ses membres à s'engager dans les activités de la communauté. Ceci inclut une réflexion sur la qualité de la participation, le niveau de confiance et la nature des conversations. En plus de cela Communispace offre dans le cadre des discussions asynchrones une facilité aux contributeurs de la communauté de catégoriser leurs contributions en fonction des dix taxonomies des actes de langages, y compris les questions, les réponses, les demandes, les offres, les assentiments et les dissidences etc....

L'objectif de Communispace est d'amener les membres à utiliser l'espace communautaire pour leur interaction plutôt que les emails. Sa capacité à gérer des documents dans une base de connaissances est encore peu développée. Le système de recherche ne fonctionne que sur des mots clés. Communispace met à disposition des liens vers les principaux moteurs de recherche et les systèmes de base de connaissance.

6.1.3 Le SweetWiki.

Un wiki est défini comme « *a freely expandable collection of interlinked Web 'pages,' a hypertext system for storing and modifying information – a database, where each page is easily editable by any user with a forms-capable Web browser client* » (Leuf et Cunningham, 2001). En d'autres termes un wiki est « *un système de gestion de contenu de site Web qui rend les pages Web librement et également modifiables par tous les visiteurs autorisés* ». Ils sont utilisés pour faciliter l'échange collaborative de documents avec un minimum de contraintes, il peut être vu comme outil pour la gestion personnelle de l'information, de la connaissance (Mattison, 2003).

Plusieurs extensions des wiki existent dans la littérature, bon nombre ont été développées pour aider les CoPs à collaborer pour échanger leurs expertises dans des domaines soit relatifs à leurs pratiques ou sur des questions personnelles. Le Sweetwiki développé par l'INRIA dans le projet PALETTE[5], dont l'objectif est de proposer un support au différente CoPs regroupé dans ce projet européen. Quelques exemples :

[5] http://palette.ercim.org/

Le SweetWiki de la communauté @pretic (association de personnes ressources en TIC des écoles secondaires de la Communauté Française de Belgique) (Makni *et al.* 2008). Cette association collabore au projet européen PALETTE qui vise à développer des services en ligne à l'intention des CoPs. Sweetwiki est développé autour des technologies du web sémantique

Le Sweetwiki met en œuvre le concept de "social tagging": on peut y marquer les pages, les images, ajouter de nouvelles étiquettes, directement à partir de l'éditeur WYSIWYG. Il utilise le moteur de recherche sémantique Corese, une base d'archive d'anciens mails est disponible. C'est un outil puissant de prétraitement des données, il permet d'organiser les informations en deux catégories : les « informations recyclées » et les « informations tacites ». Les premières représentent les informations qui ont été envoyés par les bénévoles de la CoPs à travers le Sweetwiki et elles sont une synthèse des échanges émanent des discussions dans la liste de diffusion. Quant aux connaissances, elles sont issues d'experts d'un domaine précis. Au final le Sweetwiki sert à faciliter la capitalisation et le stockage des informations échangées, partagées au sein d'une communauté.

6.1.4 Le site Eurekâ.

Le site Eurekâ est né de la volonté d'un groupe d'experts au sein de Schlumberger technologies. L'entreprise Schlumberger désirait regrouper toutes ses communautés techniques en une zone d'échange et de communication permettant un brassage des connaissances et une mise à jour permanente de ses membres. A travers ce site chaque membre de la communauté Eurekâ peut aménager son espace personnel selon ses propres critères. Au sein de cet espace il est possible de s'informer sur l'actualité de la société ou de la communauté, sur les évènements passés ou à venir, les sondages ainsi que les discussions sur d'autres communautés.

Les échanges sont confidentiels et gérés par un serveur sécurisé. Cet espace donne aussi la possibilité à un membre (scientifique) de répondre aux sondages, de voter pour un candidat ou de poser une candidature de leader. Grâce au forum les membres prennent part aux diverses discussions ou peuvent s'inscrire pour suivre l'évolution des activités de sa communauté.

Afin d'inciter les scientifiques à utiliser ce site, un agenda est disponible. Cet agenda donne la possibilité de noter des rendez-vous privés mais aussi les évènements généraux de l'entreprise ou bien de la communauté. En plus de cela un annuaire des compétences est disponible, il permet ainsi à chacun des membres de prendre contact par simple envoi de mail à un ou plusieurs membres de son choix.

Le problème majeur que rencontre ce site se pose au niveau de son administration. C'est le leader de la communauté qui a la charge d'administrer aussi bien le site que les membres et les informations

qui la composent. Par ailleurs ces leaders sont aussi chapeautés par des superviseurs qui sont chargés de gérer et élire les leaders et de décider de la nécessité de subdiviser une communauté.

6.1.5 Le CommKnowledge.

Le CommKnowledge (Gordon et al, 2003) est en même temps une communauté en ligne, un site web, un outil éducatif et un projet de recherche. En tant que site Web, il possède une base de données dans le domaine du commerce électronique ; Comme outil d'enseignement, le but est de faire de l'information commune de la connaissance aussi bien pour des étudiants de commerce électronique que pour les professionnels suivant des cours dans une école ou qui souhaitent s'informer sur des questions relatives à leurs domaines de compétences. Au sein de ce système, une communauté de personnes intéressées est responsable pour le contenu du site « CommKnowledge », ainsi que de son organisation. L'architecture CommKnowledge permet aux chercheurs d'explorer différentes façons de solliciter des contributions, d'en déterminer les meilleures, et de les présenter aux utilisateurs. Cette communauté est ouverte aux contributions extérieures provenant de sources inconnues compatibles avec sa charte. Un comité de rédaction de par sa contribution assure la pertinence et la qualité des contributions. Les utilisateurs de ce site emploient les formulaires pour poster de nouveaux sujets et des informations utiles à la communauté ou enfin pour collecter un ensemble d'informations. Ces nouvelles informations sont téléchargées sur le site. Lorsqu'un utilisateur s'enregistre sur le site CommKnowledge il a accès à une large gamme d'éléments de contenu. Le site CommKnowledge peut offrir des avantages significatifs par la mise en commun des informations de qualité à partir d'une variété de sources ainsi que par l'offre de différents moyens d'accéder à ces informations tout en tirant profit de l'intelligence collective de la communauté. Toutes les prestations de ce site proviennent des « effets de réseaux » la notion selon laquelle la valeur de la communauté augmente nettement d'autant plus que les gens participent de façon massive.

6.1.6 IBM Lotus Notes et Domino.

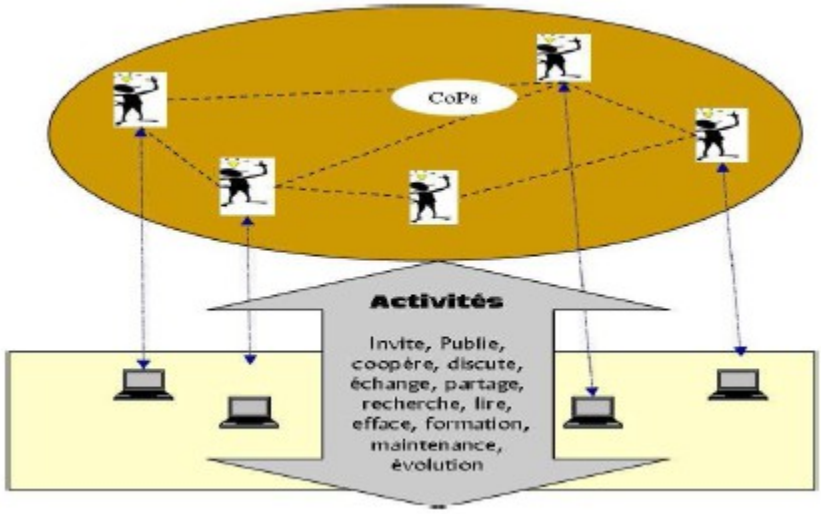
Cet outil a été utilisé dans les travaux de Gongla et Rizuto (Gongla et Rizuto, 2001) pour implémenter un « business model » incluant un support pour la création et le développement des communautés de pratiques au sein d'IBM Global Services. Lotus Notes et Domino ont été utilisés pour gérer un domaine de connaissances dans les 60 communautés de pratiques étudiées. Ces communautés portent le nom de réseaux de connaissances « Knowledge networks ». Une autre solution plus évolué basée sur ces technologies est l'outil de Knowledge management de Knowing, c'est un progiciel intégré crée par la société Knowing, il permet de créer des espaces collaboratifs et une communauté de pratiques par la simple utilisation du module « base de connaissances » qui

collecte et stocke tous types d'informations, les organisent, les indexent et assurent la diffusion. Son module forum permet des échanges de connaissances sous forme de questions/réponses. Il possède un moteur de recherche intégré dans chacun des modules applicatifs. En plus de cela il est doté d'un module « metrics » permettant d'évaluer le contenu des messages de mesurer la participation des acteurs et l'efficacité des pratiques et enfin d'identifier de nouveaux besoins. Un exemple d'application de cet outil est le réseau IDEAL du Ministère de l'Environnement et du Conseil Régional d'Île de France.

6.2 Synthèse

On s'aperçoit que ces supports apportent des moyens de communications pour accroître et mettre en relation aussi bien les membres d'une entreprise que ceux d'une CoPs, que des répertoires partagés. En guise d'illustration, la figure suivante présente la relation forte qui existe entre les CoPs et les outils technologiques à leur service.

Figure 7: Relation entre communauté de pratiques et les systèmes technologiques



Les technologies sont indispensables aux CoPs parce que leurs activités sont le plus souvent distribuées. Dans la majeure partie des activités des CoPs les activités se déroulent à travers un environnement informatique.

On s'aperçoit que très souvent les communautés se créent en dehors des outils technologiques et n'intègrent ces outils qu'en cours de fonctionnement. Ces supports de communication représentent un intérêt certain pour la modélisation, ils peuvent être synchrones ou asynchrones, tout dépend si l'on a à faire aux communautés géographiquement dispersées ou bien existantes au sein d'un même service, d'un même département ou d'une même organisation. Le système que nous souhaitons

développer doit être traçable et globalement accessible par tous les utilisateurs. Ces outils ont l'avantage de proposer des fonctionnalités comme par exemple des répertoires partagés (contient des mines de renseignements et d'informations sur des projets d'entreprise ou l'entreprise elle même) que pourraient bénéficier les nouveaux venus pour s'immerger dans un projet après qu'il a commencé. En guise de synthèse ces applications offrent des avantages et des inconvénients :

- **Les Avantages**
  - Les applications sont très orientées design et sont fondées sur un modèle d'activités communautaires sophistiqué.
  - Elles encouragent activement le comportement communautaire.
  - Un certain nombre de caractéristiques « intelligentes ».
  - basés sur des méthodes pour construire des communautés.
  - Permet de définir des profils utilisateurs.
  - Disposent des espaces pour stocker des documents, et de base de connaissances.
  - Disposent de service de recherche d'informations basé sur une certaine taxonomie.
  - Disposent d'un système d'indexation pour permettre de retrouver des informations selon des critères.
  - Dispose de mécanismes pour solliciter des contributions.
  - Disposent d'une capacité de mise en commun des informations de qualité à partir d'une variété de sources et offre différents moyens d'accéder à ces informations.
  - Utilisent des formulaires pour poster de nouveaux sujets et des informations utiles à la communauté ou enfin pour collecter un ensemble d'informations.
  - Assurent la confidentialité des échanges et gestion de ses échanges par un serveur sécurisé
  - Possibilité de consulter les profils de chaque membre pour déterminer avec lequel échanger.
  - Facilitent la capitalisation et le stockage des informations échangées, partagées au sein d'une communauté.
- **Les quelques inconvénients répertoriés :**
  - Certaines de ces applications ne sont pas de véritables systèmes d'auto-service.

- Ces systèmes sont conçus pour les communautés très unies ce qui nécessite la réalisation de beaucoup d'activités en collectivité.
- Il y a un grand manque d'infrastructure de partage de documents.
- Que les collecticiels utilisés par les CoPs permettent tout simplement aux membres de communiquer et de partager des informations diverses. Certains sont utilisés pour collaborer dans le but de réaliser des tâches d'une activité.
- Il existe un réel problème d'administration et aussi dans au niveau des communications asynchrone : les réponses ne sont pas instantanées ce qui peut contribuer au ralentissement de l'interaction.
- La communication est basée sur du texte, ceci implique que les aspects non-verbaux de la communication ne sont pas inclus et de ce fait rend l'information moins riche.

Mais le constat général dans toutes ces communautés est que l'outil technologique est mis à disposition pour servir le travail de la communauté. Leur but principal est d'inciter ses membres à échanger, à répertorier, à matérialiser les connaissances pour s'en servir dans d'autres problématiques liées aux activités de l'entreprise.

Or, nos travaux visent à fournir un support d'aide aux activités coopératives d'une CoPs ou de plusieurs, qui n'ont pas seulement comme point d'ancrage les activités liés à leurs pratiques locales.

En conclusion nous pouvons dire que les CoPs ont besoin des supports technologiques pour partager un ensemble d'artefacts commun : pour le permettre ces supports doivent:

- Etre accessibles de n'importe où
- Offrir une certaine flexibilité par rapport aux compétences de ses membres
- Couvrir un large éventail de fonctions de gestion des connaissances liées à la pratique, à la préservation de l'identité de la communauté ainsi que des activités d'apprentissage.
- Offrir des moyens de communication, de collaboration et de coopération utile aux activités de la communauté.
- Permettre de comprendre, de représenter, d'enrichir et de partager l'expertise des membres.

La partie ci-après va porter sur l'identification des besoins de notre système, cette identification va porter sur un certain nombre de caractéristiques retenues dans les différents exemples étudiés.

7. Spécification des besoins à partir d'une étude de cas

Les besoins identifiés vont nous guider à répertorier les fonctions de notre système. Puis une analyse de la communauté CoPeR est abordée.

7.1 Identification des besoins du futur système

Afin d'identifier les besoins nécessaires au développement de notre support, les travaux de (Preece, 2000) proposent de prendre en compte deux critères fondamentaux que sont la sociabilité « ensemble de contrats sociaux qui lient les membres d'une CoPs », ce critère renferme trois composants: un ***but commun***, qui encourage les acteurs d'une communauté à participer aux échanges , des ***personnes ayant chacune un intérêt***, une ***attente*** ou un ***besoin*** ; qui ***partagent un langage*** et des ***protocoles communs***, qui ***gèrent les échanges et guident les interactions*** ; et l'utilisabilité à quelle fin l'outil sera nécessaire comme support aux échanges entre les acteurs de la communauté ; pour répondre à cette question l'outil doit respecter un ensemble de prérequis tels:

- disposer d'un support aux dialogues et aux interactions,
- permettre de faciliter la compréhension des informations échangées (utilisation d'un langage spécialisé, ou connue des membres de la communauté);
- offrir une rapidité lors de la recherche d'information et d'accès et
- enfin être d'une simplicité d'utilisation.

L'approche systémique abordée fournit des pistes sur le choix de l'analyse à effectuer. Donc nous utiliserons le principe de l'analyse « fonctionnelle », entendu ici comme étant une démarche qui consiste à rechercher, ordonner, caractériser, hiérarchiser et/ou valoriser les fonctions de l'objet d'étude, pour arriver à extraire un ensemble de fonctionnalités susceptibles d'aider dans la phase conceptuelle de notre système.

Très souvent, les membres d'une CoPs se réunissent pour ***résoudre des problèmes de façon collective***. Cette implication autour d'une activité collective favorise le processus de partage, de communication et de négociation collective pour rechercher des solutions appropriées. Le déroulement d'un processus de négociation survient à travers les échanges au cours desquels les membres envoient des suggestions via un système au modérateur. Et en fonction des tâches à réaliser des rôles sont attribués aux membres impliqués dans le processus. Les modes d'attribution de rôles peuvent se faire soit par vote ou de façon consensuelle. Les experts désignés sont chargés de produire des documents de synthèse sur la base des suggestions émises et d'en informer les autres

membres. Le résultat des interactions va ensuite être stocké dans un répertoire (***répertoire partagé***) dédié aux questions à débattre ou résolues. Les outils à leur disposition peuvent être des intranets, des services de messagerie, des forums (Wikipedia) etc.

Nous débouchons de façon concrète dans la suite par une analyse de la communauté CoPeR pour en déduire les fonctions d'usage nécessaires à la réalisation du système d'aide.

7.1.1 Analyse fonctionnelle de la communauté CoPeR.

Les différents concepts abordés plus haut servent d'appui dans notre démarche d'analyse des types d'interactions au sein des CoPs. De manière générale, la littérature nous propose plusieurs formes d'interactions, ces interactions sont analogues à celle que nous observons au sein des CoPs:

1 La *première forme* concerne ***les interactions entre les membres de la communauté :*** *C*es ***interactions*** se déroulent entre les membres d'une CoPs, elles ont lieu lorsque les membres décident de résoudre un problème lié à leur pratique. C'est au cours de ce processus que les membres négocient le sens et créent de nouvelles connaissances,

2 La *seconde forme* concerne les ***interactions entre les outils technologiques et les membres de la CoPs*** : il s'agit de voir dans quelle mesure les fonctionnalités de ces supports peuvent être intégrées au système à développer. L'intégration des fonctionnalités peut amener à faire face à bon nombres de contraintes telles que : L'accès au système (prise en compte des rôles de chaque membre), La sauvegarde et la mise à jour des profils, Le stockage et la recherche des informations ou connaissances,

3 Et *la troisième forme* porte sur les ***interactions entre les outils technologiques eux-mêmes***, étant entendues ici comme l'ensemble des applications utilisées par les membres de la communauté (les interactions entre les outils technologiques et l'outil d'intermédiation). L'établissement des interactions peut permettre d'envisager la construction de nouvelles fonctionnalités par composition de services. Une telle composition peut être dynamique dans la mesure où elle intervient lorsque l'application doit accomplir un ensemble d'activités (l'allocation de tâche, l'ajout d'un agent, le traitement de requêtes ou bien le lancement d'une nouvelle activité).

L'un des enjeux de ce travail est de prendre en compte ces différentes interactions dans le support à développer. Dans la partie ci-après une analyse d'un exemple concret plus détaillé d'une communauté de pratiques dans le domaine de l'insertion professionnelle va être étudiée ; de cette analyse des besoins en termes de fonctionnalités de notre futur système vont être identifiés.

La communauté CoPeR (communauté de pratiques en réseau) concerne un réseau d'entraide en insertion socioprofessionnelle des jeunes au secondaire. C'est un projet lancé par le CTREQ (centre de transfert pour la réussite éducative Québec) en partenariat avec le CEFRIO (Centre francophone d'informatisation des organisations), dans le cadre de l'exploration de nouveaux modèles de transfert de connaissances. En prenant appui sur le cadre d'analyse proposé par Wenger (Wenger, 1998), l'engagement mutuel, le répertoire partagé de ressources, l'entreprise commune, une analyse de cette communauté sera faite.

Nous utilisons cet exemple pour fournir des éléments de réponse aux besoins en termes d'outil que nous souhaitons développer. Dans la CoPeR les concepts fondamentaux à l'existence d'une communauté de pratiques sont réunis. Ces concepts sont repris dans le tableau ci-après :

Tableau 3 : le développement d'une communauté de pratiques en réseau dans le domaine de l'insertion socioprofessionnelle des jeunes (ISPJ) (CoPeR, Rapport Cefrio 2006).

INDICATEURS DE DEVELOPPEMENT D'UNE COMMUNAUTE DE PRATIQUES			
Concept théorique	*Définition du concept*	*Indicateurs*	*Définition de l'indicateur*
Engagement mutuel	Rapport d'entraide entre les participants nécessaire au partage de connaissance sur la pratique ou de concepts théoriques, notions et idées qui découlent du travail effectué. C 'est aussi la réalisation d'actions et d'opérations pour maintenir la "cohérence nécessaire" dans une CoPs	Présentation à la communauté	Se présenter et partager ses intérêts afin d'établir un premier contact avec les membres de la communauté
		Expression d'intention d'engagement dans la communauté	Manifester une proposition de s'engager dans une action limitée dans le temps et dans l'espace
		Réaliser la coordination de rencontres et d'envoi de courriels	Orchestrer la coordination des rencontres ou de l'envoi des courriels, des documents, des liens
		Offrir et solliciter de l'aide pour un problème donné	Profiter des savoirs et des compétences des autres membres ou offrir ses savoirs et ses compétences pour le profit de la communauté
		Evoquer un problème lié à sa pratique	Exposer un problème rencontré dans sa pratique ou questionner la communauté sur un élément qui pose problème dans sa pratique
		Partage des informations sur sa pratique ou l'avenir de celle-ci	Faire connaitre ses opinions, ses suggestions, ses croyances, ses idées, ses souhaits sur sa pratique ou l'avenir de celle-ci
		Partager/solliciter des informations en rapport avec sa pratique	Faire un apport ou solliciter des informations en relation avec sa pratique ou à l'avenir de celle-ci pour le profit de la communauté
		Partager/solliciter des informations sur des éléments réifiés	Expliquer ou demander des explications supplémentaires suite à la réification d'un élément
		Partager/solliciter des informations techniques	Partager sa compréhension ou ses interrogations concernant le fonctionnement d'outils techniques favorisant le partage
		Reconnaitre les contributions individuelles	Souligner les contributions individuelles profitant à la communauté
		Manifester son désaccord ou désapprobation	Ne pas en accord par rapport à un débat ou sujet donné, son ignorance à la suite des interventions de membres de la communauté sans complexe
		Témoigner d'une certaine confiance vis-à-vis des membres	Utilisation d'expressions accueillantes, favorisant le partage et la complicité qui peuvent se manifester par des félicitations, des remerciements, voire des excuses
Entreprise commune	Pratique que les participants de la communauté partagent en commun, incluant leur processus collectif permanent de négociation du comment mieux faire dans cette pratique. Il s'agit aussi de la définition commune des objectifs conceptuels qui sont partagés et qui seront mis au profit des pratiques au sein de la communauté.	Discuter des problématiques que l'on rencontre dans la réalisation de ses activités quotidiennes au travail.	Informer sur le déploiement des activités qui se réalisent au travail
		Discuter de l'état d'avancement des problématiques au sein de la communauté	Organiser des réunions pour tenir informer de l'état d'avancement qui se réalisent au sein de la CoPs.
Cohésion	Les signes d'appartenance sont des éléments comme le respect des normes ou règles pour communiquer, partager, collaborer, etc. les gestes d'alignement des contributions sont inclus ici	Facteurs d'alignement	L'alignement concerne le contrôle de l'énergie d'un groupe en fonction de facteurs favorisant la convergence des actions. Ainsi , les participants coordonnent leurs actions selon les normes, et les attentes de la communauté
Répertoire partagé	langage spécialisé, politiques de fonctionnement, règles, normes, procédures, codes, routines, mots, langages communs, actions, histories, récits, concepts crées ou adoptés, par la communauté qui permettent à ses membres de tirer des significations appropriés et riches des situations d'interaction qui sont les leurs	Présence du langage spécialisé de la profession	Utilisations de vocabulaires spécifiques à leur pratique
		Présence d'histoire en relation avec le contexte de travail	Utilisation de moments vécus en relation avec le contexte de travail
		Présence d'artefacts réifiés	Création par la communauté de points de focalisation autour desquels la négociation de sens peut s'organiser. Les éléments réifiés peuvent prendre différentes formes (artefacts numérique, concept, outils, symbole etc.)

Du fonctionnement de ce réseau, nous déduisons les fonctionnalités de notre futur système. Les activités du réseau CoPeR s'effectuent pour la plupart sur la plateforme Work2gether, cette plateforme se présente ainsi :

Tableau 4 : exemple d'échange entre membre de la CoPeR (CoPeR, Rapport Cefrio 2006).

Cette plateforme propose un menu relatif aux activités de la communauté. Dans la rubrique nouveauté **un bulletin d'actualité** est envoyé par courriel de façon périodique à chaque membre inscrit dans la communauté. Pour participer aux activités de la communauté un système d'identification a été conçu pour fournir à chaque membre un code **d'identification** pour s'inscrire au sein de **l'espace virtuel** réservé au projet ISPJ sur la plateforme work2gether Une formation sur l'utilisation de la plateforme est donnée à chaque membre inscrit. Les contributions au sein de la communauté sont de plusieurs formes (dépôts de documents sous format numériques, ou échanges à travers les forums de discussion entre collègues sur des questions ou projets). Les trois dimensions du modèle interne des CoPs données par Wenger sont utiles pour comprendre le fonctionnement de ce réseau:

- **L'engagement mutuel :**

Les membres de cette communauté échangent et partagent sur différentes **thématiques** ou activités qu'ils définissent à travers divers **forums**, ces thématiques sont organisées en plusieurs catégories, telles que: se coordonner, proposer du soutien technique, discuter sur l'état et déploiement des activités, des artefacts réifiés, de la problématique, de la clarification d'une pratique ou encore de la présentation des membres. Leur participation aux divers forums peut porter sur des activités concernant les documents de suivi, d'évaluation, de résolution des problèmes pratiques, de réalisation d'activités pédagogiques pour négocier le sens afin de comprendre certaines pratiques et la coordination de rencontres. L'objectif visé est l'amélioration des compétences.

Tableau 5 : contenu des échanges entre membre de la CoPeR (CoPeR, Rapport Cefrio 2006).

- **L'entreprise commune**

Elle porte particulièrement sur leur domaine de compétences. Une des activités principale de la CoPeR est de s'entendre pour définir un ensemble d'**'activités** ou de **projet** susceptibles d'améliorer leurs conditions de travail dans des institutions d'insertion professionnelles. En dehors de cela les membres s'entraident quotidiennement sur des questions multiples mais toujours liées à leurs pratiques. Cette communauté est plus focalisée sur des questions relatives au **domaine** de l'Insertion professionnelle des Jeunes, comparativement à d'autres CoPs qui peuvent avoir d'autres centres d'intérêts. Afin de pérenniser les échanges entre eux les membres de la CoPeR définissent un ensemble d'activités à réaliser ou projetées portant sur l'amélioration de leurs pratiques. Ces activités peuvent être : la création d'un guichet automatique, l'élaboration d'un nouveau bulletin pour la reforme, la création d'une école consacrée à l'ISPJ, Projet de Cocktail de connaissance, la création d'un réseau de partage, la création commune de matériel pédagogique et de projet en ISPJ etc. Puis nous présentons un exemple de type de documents échangés entre les membres du réseau.

Tableau 6 : Types de documents échangés entre membre de la CoPeR (CoPeR, Rapport Cefrio 2006).

- **Le répertoire partagé**

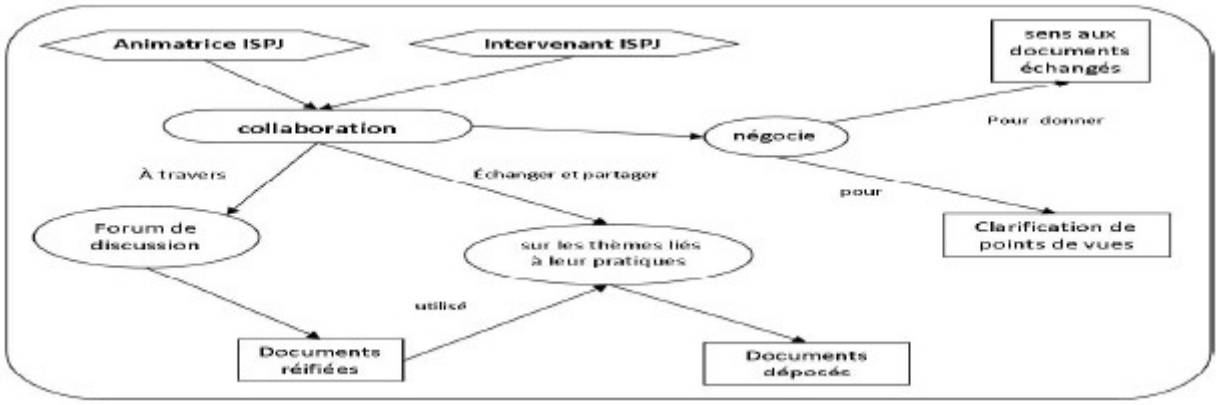
Les membres de la communauté disposent d'un répertoire spécifique à l'exercice de leurs fonctions ; dans ce répertoire sont stockés tous les documents partagés, les documents réifiés émanant des différents membres. Dans les échanges le langage utilisé est très orienté domaine de l'insertion professionnelle on le voit par l'utilisation d'un **langage professionnel**. Les termes utilisés portent sur les **termes pédagogiques (**approches par projet, implantation de la réforme ; différenciation pédagogique; connaissances académiques etc.….). Les **termes reliés au programme d'études (**cheminement particulier ; formation générale ; matière pédagogique de base ; éducation aux adultes). Les **termes nominatifs** (élève ; Jeunes ; étudiants ; élèves en difficulté ; enseignant titulaire etc.…). Les **termes relatifs au suivi, à l'évaluation et à la sanction des études (**attestation de capacité ; certificat en insertion sociale et professionnelle ; compétences professionnelles ; compétences disciplinaires etc.… Les **termes relatifs aux normes (loi** d'instruction publique ; plan de formation par les stages ; régime pédagogique ; crédit impôt etc.…). Les **termes abréviatifs (**DES ; DEP ; ISPJ ; modèle d'ISPJ enrichi ; etc.…), et les **termes reliés à des expressions relatives à leur pratique** (« Pelleter des élèves » ; « vendre » l'ISPJ ; Récupérer les élèves décrocheurs ; ils « ont » les autres services ; « Présence élèves » à l'école etc.…).

En plus d'utiliser un langage spécialisé les participants à la communauté contribuent en racontant des histoires liées à leurs pratiques (Storytelling). Pour enrichir le répertoire certains participants mettent à disposition des artefacts de leurs pratiques La réification de ces documents permet de créer de nouveaux centre d'intérêts autour desquels de nouvelles discussions peuvent s'organiser. En conclusion, la communauté CoPeR regroupe les points suivants :

- L’existence de divers forums par thématique ou auteur,
- L’activité de participation est très distribuée,
- Dans la CoPeR on s’aperçoit que les échanges portent sur des thèmes relatifs à la pratique de ces membres,
- Les membres échangent des savoirs sur leurs pratiques, ou résolvent des problèmes,
- Ces échanges s’appuient sur des documents concrets, des marqueurs de démarche par exemple information sur le dépôt d’un document à télécharger,
- Reconnaissance des contributions individuelles des collègues.

A titre d’exemple nous proposons le modèle graphique d’un scénario de travail entre membre du réseau suivant :

Figure 8: Modèle graphique d’un scénario de collaboration entre membre d’une CoPeR.



7.2 Synthèse des besoins du futur système.

En s’appuyant sur l’exemple de la CoPeR, les participants sont en forte interaction pour l’échange des expériences, des conseils, des aides, des procédures dans le domaine de l’insertion professionnelle, mais ils peuvent également mettre à disposition des livrables concernant la manière avec laquelle certaines situations telles que l’évaluation d’un jeune, la mise à disposition des textes de lois sur la gestion et la régulation des centres d’insertion professionnelles sont discutés.

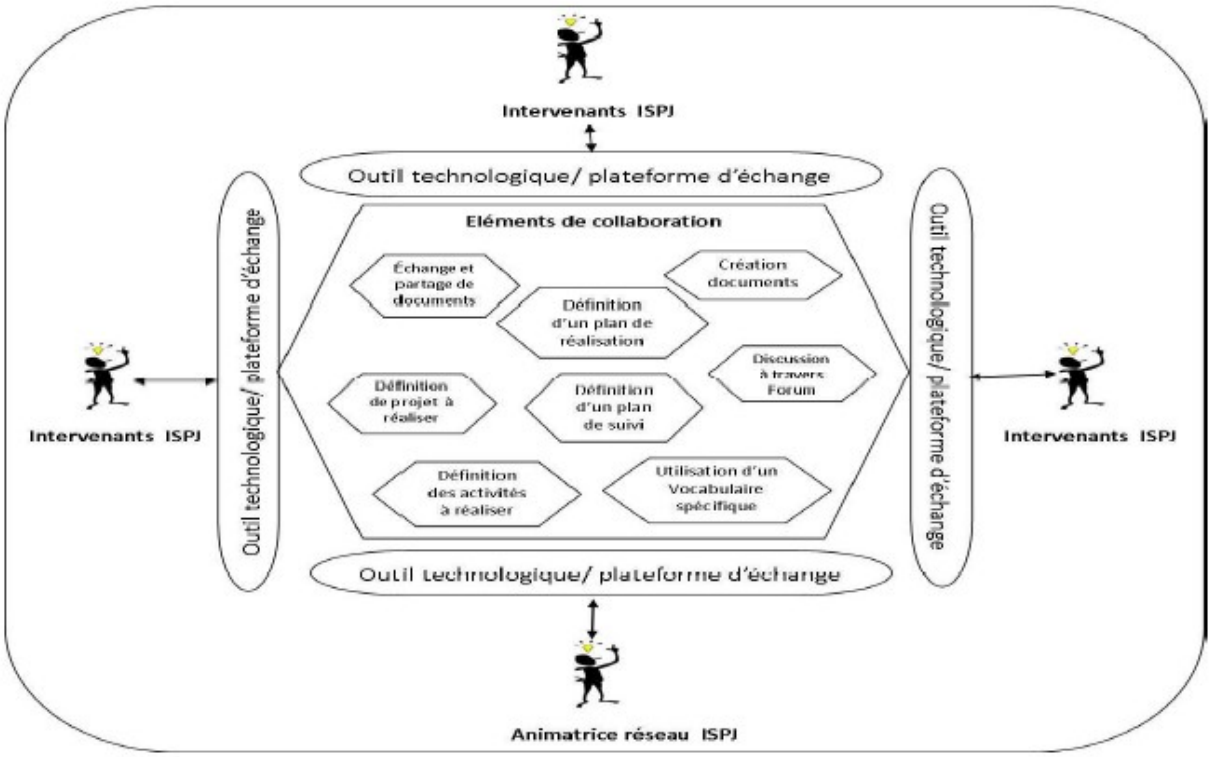
Ainsi dans notre démarche de conceptualisation, les éléments ci-après doivent être pris en compte :

- La localisation des acteurs, l’influence de l’action virtuelle pour définir les fonctionnalités de notre système,

- La création de connaissances : quels types de connaissances sont produits, comment peut-on les stocker, sous quelle forme etc.
- Les modes de coopération, en mode synchrone ou asynchrone ? si oui, quels outils utilisent-ils ?
- Les processus d'enrichissement d'une base de connaissances commune : de quoi est-elle constituée, comment est-elle définie ?
- Le langage de communication : quel type de langage est employé par les participants à la communauté ?
- La définition des rôles, des profils, des tâches, des objectifs, l'allocation des tâches, le domaine de la communauté, la gestion de l'ajout ou du retrait d'un membre.

Donc, le réseau CoPeR fonctionne sur la base d'éléments qu'illustre la figure 10.

Figure 9: le réseau CoPeR.



Avant de procéder à une proposition des fonctions techniques pour un support d'aide favorable à la création et à l'émergence de connaissances, il convient de considérer les caractéristiques des communautés de pratiques pour en déduire les différents éléments à prendre en compte.

Le support d'aide doit permettre l'échange des connaissances implicites ainsi qu'explicites. Dès lors, des composants sont à prévoir pour sauvegarder la partie formalisable du répertoire partagé et pour faciliter la communication des connaissances implicites. En somme, pour qu'une communauté fonctionne intelligemment, les spécifications suivantes sont nécessaires, ces spécifications viennent appuyer le développement futur de notre système:

1) Disposer d'un répertoire partagé,

2) Définir un espace de stockage des informations et des connaissances créées,

3) Choisir le (s) domaine (s) d'activité (s) de la communauté.

La communication et les interactions personnelles entre les membres d'une communauté sont essentielles pour le partage de connaissances. Il importe de bien connaître les autres membres avec lesquels on interagit, d'avoir des informations sur eux. :

4) Définir les rôles des membres,

5) Définir le processus d'attribution d'un rôle,

6) Définir les tâches associées à chaque rôle.

Dans un souci de faciliter les interactions entre elles, le support doit pouvoir disposer de procédures nécessaires à la définition et à la réalisation des activités dans la CoPs. Ces procédures permettront ainsi de rechercher facilement une activité réalisée pour s'en inspirer si on est face à une problématique similaire

7) Définir des types d'activités,

8) Définir un plan de réalisation d'une activité,

9) Définir un plan de suivi des activités.

Le lien avec un membre est primordial pour l'interprétation des énoncés souvent subjectifs et plus encore pour savoir si les compétences du nouveau membre sont en adéquation avec les objectifs de la CoPs. Un support d'aide pour les communautés de pratiques doit permettre de gérer les profils des membres ce qui permet de déceler « qui sait quoi » ou « qui est qui » dans une CoPs.

10) Définir le profil par membre,

11) Définir le mode d'inscription dans la communauté (droit d'accès).

L'échange de connaissances dans une CoPs n'est pas seulement le ramassage et la mise à disposition anonyme de connaissances ; au contraire, l'échange se situe entre un producteur et un consommateur de connaissances, entre un émetteur et un récepteur. Pour cela il faut organiser les connaissances de manière à permettre une réutilisation efficace et une recherche facile, et afin que ces connaissances

soient compréhensibles par l'ensemble de la communauté il est nécessaire de définir un langage spécifique aux échanges.

12) Favoriser la recherche par mot clé des informations stockées qui peuvent être pertinentes pour un membre, en lien avec sa pratique,

13) Proposer de définir un langage spécifique aux activités de la communauté.

7.3 Les fonctions techniques retenues du système d'aide.

L'intérêt de l'échange d'information, d'entraide et de point de vue entre les acteurs des CoPs pour arriver à créer et faire émerger de nouvelles connaissances va servir de support à la construction du dispositif de gestion d'aide au sein des CoPs. Basé sur les besoins préliminaires que nous venons de décrire ci-dessus, nous proposons dans la suite un modèle générique du système d'aide pour les CoPs. Mais dans un premier temps nous décrivons les différents composants du système et les interactions entre eux.

A. Le composant base Ressource

Les points 1) et 2) nous ont conduit à la nécessité de construire **une Base documentaire** et enfin les points 12) et 13) exige la définition **d'un vocabulaire partagé.**

Ce composant va servir à sauvegarder la partie formalisable du répertoire partagé. Il s'agit de l'ensemble de ressources propres accumulées par une communauté de pratiques particulière. Ce sont des *ressources* tels que des documents, des fichiers audio ou vidéo, des outils des concepts, … dont les membres peuvent se servir pour ensuite créer de nouvelles connaissances. Ces dernières seront par la suite répertoriées sous forme de synthèses collectives. Il est important que le lien entre l'acteur qui publie et la ressource enregistrée ou publiée soit maintenu et facile à suivre puisqu'il s'agit souvent d'éléments subjectifs au niveau de la communauté qui ont un fort rapport avec une certaine personne, une situation ou un contexte bien particulier. Les fonctionnalités à prévoir concernent la création, la requête, la mise à jour (la modification) et la suppression d'une ressource.

Le système doit ainsi favoriser le stockage de toutes les informations produites par la communauté, que ce soit un résultat d'interactions entre pairs (réflexions, idées, outils), ou un apport individuel (histoires vécues, document, lien Web intéressant…).

Donc nous devons offrir la possibilité à un membre de pouvoir prendre l'initiative de rechercher des informations en mode *« recherche »;* ou envoyer une requête en mode *« send »* (cette fonctionnalité est liée au composant d'échange) où le système met proactivement des informations ciblées ou des

contacts potentiellement intéressants à la disposition de l'utilisateur en s'inspirant de l'historique de ses conversations sans que celui-ci les ait sollicités explicitement.

En plus de cela il est nécessaire de prévoir la possibilité de définir un vocabulaire propre à la communauté, cette base vocabulaire va offrir la possibilité de catégoriser les langages issus des échanges des membres de la communauté. Ce langage pourra être stocké au sein d'un espace qu'on nommera ***vocabulaire de la communauté*** (définition des mots clés en fonction du contexte et du domaine de la communauté). Ce vocabulaire sera extrait du langage utilisé par la communauté (conversations, mails, vidéoconférence…).

B. Le composant domaine d'activités

Le point 3) et 2) nous a conduits à la nécessité de définir un domaine d'activités.

Ce composant va permettre à la communauté de faire la sélection de ses membres, d'organiser la réalisation de ses activités selon un domaine, de rechercher des ressources documentaires en rapport à son domaine d'activité. Dans le cas où la communauté prend du volume il est possible d'en définir une sous-communauté basée sur le sous-domaine d'activités.

C. Le composant rôle

A partir des points 4) et 5) nous déduisons qu'il est nécessaire de définir **des Rôles**. Ce composant permet de définir et d'identifier les rôles susceptibles d'être tenus au sein de la communauté ou d'autres communautés. A ces rôles seront affectés un ensemble d'activités à réaliser. Chaque rôle comporte des objectifs qui doivent être atteints par le membre qui va jouer ce rôle. A ces objectifs sont assignés des droits.

D. La base Protocoles d'activités /Activités coopératives/tâches coopératives

Le point 6) nous amène à définir des **Tâches coopératives** et le point 7) des **Activités coopératives**, et quant aux points 8) et 9) ils nous conduisent à identifier un **Protocole d'activités**.

Le protocole d'activités définit les processus (étapes) par lesquelles les activités doivent être exécutées par les membres de la communauté, comment l'activité est décomposée, quel type de connaissances ou de compétences est nécessaires à la réalisation de l'activité. Quant aux activités coopératives, elles représentent les actions concrètes qui sont menées dans la communauté, c'est-à-dire les activités effectivement réalisées par les membres. Selon la problématique posée les activités

coopératives peuvent se décomposer en plusieurs tâches coopératives et reparties entre différents membres choisis en fonction de leur profil.

E. La base d’authentification

Le point 10) nous oriente vers la définition de règles de **Gestion des droits d’accès,** cette base d’accès contient les identifiants de chaque membre en lien avec son profil ainsi que les règles de gestion de chaque droit.

F. La base Profil utilisateur

Le point 11) nous amène à construire la **Base Profil utilisateur**.

Ce composant contient une liste de tous les membres de la CoPs qui sont enregistrés comme utilisateurs. Surtout dans des communautés de pratique virtuelles, en l’absence de contacts face-à-face, la mise à disposition des profils est une mesure pour établir la confiance entre les membres.

Nous proposons de définir les profils selon deux domaines ; l’un statique qui regroupera les informations de base et l’autre dynamique pour permettre une évolution dynamique des profils en fonction des interventions dans la communauté. Plusieurs possibilités seront offertes pour l’établissement et la modification (la mise à jour) de ces profils. A la base, c’est l’utilisateur lui-même qui entre des informations dans le système. Ces informations concernent surtout des informations personnelles ou informations statiques (nom, prénom, adresse etc.).

Ensuite, le membre pourra donner des informations concernant sa qualification, ses intérêts. Nous nommerons ces informations des informations dynamiques (compétences, historique des conversations, centre d’intérêts etc.…). En ce qui concerne les informations dynamiques on envisage de les compléter et les modifier automatiquement suivant les activités du membre c'est-à-dire de façon assistée par le système. Dans ce cas, le système surveille le comportement et les activités du membre au sein de la communauté : quels autres membres il contacte le plus souvent, quel type de ressource il consulte, quel type d’informations il sollicite dans la communauté. Ceci donnera la possibilité à un débutant de repérer un expert à qui il peut demander de l’aide. L’entraide entre les membres d’une CoPs est un des fondements pour le développement des compétences de chacun.

En ce qui concerne les outils utilisés pour communiquer, échanger et partager il est nécessaire d’ajouter les fonctionnalités d’échange, les plateformes collaboratives comme le présente la figure 9.

G. Le composant d’échange

Ce composant permet aux membres de communiquer entre eux et entre le système et eux à travers différents canaux (communication directe asynchrone entre des membres qui envoient des messages directement aux destinataires qu'ils souhaitent contacter ; ou communication indirecte asynchrone entre membres dispersés géographiquement). Outre le support du processus de l'envoi du message, le système va pouvoir offrir une assistance lors du choix des destinataires : en fonction du contenu et sur la base du profil du membre, le système va proposer à l'utilisateur de rajouter automatiquement des destinataires. Enfin, le système peut aussi créer des synthèses de façon automatique en s'appuyant sur les échanges au sein de la CoPs (nouvelles ressources dans la base de connaissances, modification dans les profils). Ainsi, le système proposera des informations à l'utilisateur qui pourraient être intéressantes pour lui selon son profil et selon les attributs du message.

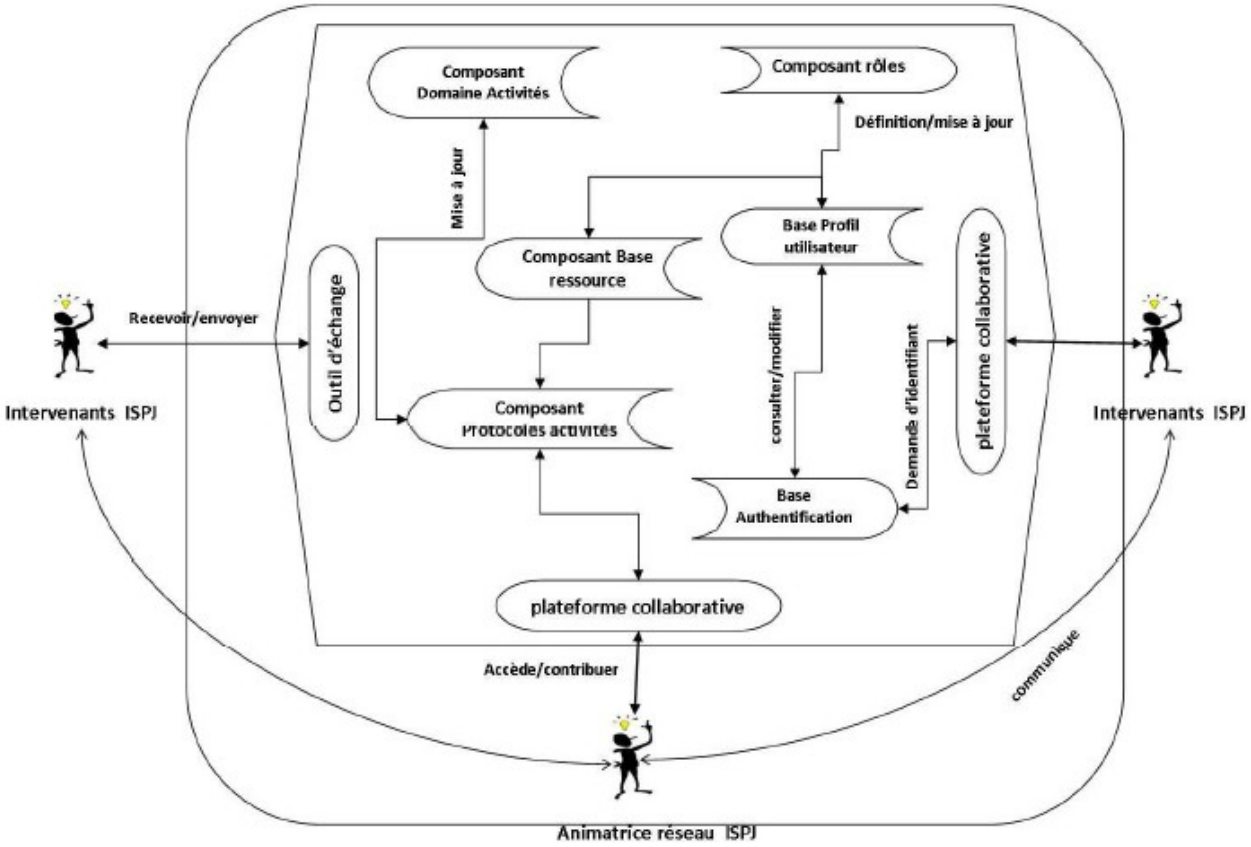
Dans le cas où des membres de différentes CoPs communiquent entre eux, notre système doit rendre ces échanges possibles, il s'agira en fait ici de définir dans les propriétés de chaque profil une propriété *« nom communauté »*.

H. L'outil ou la plateforme collaborative

Il peut s'agir de plateformes collaboratives (Sweetwiki, CommKnowledge). Ces plateformes sont pour la plupart dotées d'un ou de plusieurs forums plus ou moins formels au sein desquels les membres de la CoPs peuvent discuter de différents sujets. C'est surtout dans ce cadre que les personnes échangent des expériences soit à travers des récits (*« storytelling »*) ou par simple envoi de demande d'information ou d'aide. Pour instrumentaliser le storytelling, le concept des systèmes de raisonnement à base de cas peut être adapté aux CoPs. Donc l'instrumentalisation de la base ressource d'un tel système prenant en compte les récits pourrait constituer le lieu de conservation et d'archivage dans une base de cas les résolutions des problèmes déjà traités accessible à tous les membres de la communauté.

Enfin, il est à noter qu'il existe également une communication entre les membres de la CoPs en dehors du système, c'est-à-dire un échange de connaissances qui a lieu sans passer par les composants du système d'aide (réunions, meeting, etc.…). N'ayant pas de moyen pour capturer cette connaissance, nous préconisons que les synthèses émanant de ce type de rencontre puissent être stockées dans la base ressource. Donc en reprenant la figure 9 nous proposons le modèle générique suivant :

Figure 10: Modèle générique Système.



8. Conclusion chapitre I

La première conclusion partielle que nous tirons du travail effectué nous amène à adopter la définition suivante sur les CoPs : « une communauté rassemble des agents (humains) ayant des points communs assez forts tels que leur niveau d'aptitude sociale, leurs compétences, et des capacités cognitives ».

Nous avons d'abord étudié les CoPs comme mise en œuvre de la coopération définie sur un plan théorique. A l'aide de trois exemples de cas nous avons présenté le fonctionnement des CoPs.

Ensuite nous avons abordé le problème par un aspect expérimental : une étude de plusieurs cas concrets de CoPs a été réalisée. De cette étude des fonctionnalités ont été retenues.

Puis nous avons présenté les approches méthodologiques et les supports technologiques qui existent, susceptibles de servir d'orientation pour la conception de notre système.

Au niveau de la modélisation, nous nous intéresserons au paradigme agent que nous présenterons dans le chapitre suivant. Grâce aux méthodes et plateformes proposés dans ce domaine, nous envisageons d'en tirer bénéfice pour modéliser les activités du système social dont nous avons présenté les caractéristiques précédemment.

Chapitre II : Les agents et les systèmes multi-agents

1 Introduction

Parmi les problèmes rencontrés par les utilisateurs de Système d'Information et de Système à Base de Connaissances, figurent l'accès et la disponibilité de l'information et de la connaissance, la confiance dans la véracité, l'applicabilité de l'information fournie, et l'évaluation de la fiabilité du prestataire (Klusch, 1999). Ainsi les agents intelligents sont un nouveau paradigme pour le développement des logiciels et des applications. Ils ont fait l'objet d'un intense intérêt dans plusieurs domaines de l'informatique et de l'intelligence artificielle distribuée (Jennings, Wooldridge, 1998).

L'Intelligence Artificielle (IA) permet de modéliser un comportement intelligent, alors que l'Intelligence Artificielle Distribuée (IAD) s'intéresse à des comportements intelligents qui sont le produit de l'activité coopérative de plusieurs agents. Dans les systèmes en IAD les composants sont conçus de manière à ce qu'ils soient capables de raisonner sur les connaissances et les capacités des autres pour réaliser une coopération effective.

Dans ce chapitre, il sera question d'aborder les différents champs d'applications de l'IAD, une présentation succincte de ce que sont les agents, leurs caractéristiques, les avantages de leur utilisation et leurs applications.

2 Les systèmes multi-agents

Selon D. Hofstadter (Hofstadter 1985), l'IA regroupe les disciplines visant la conception d'une entité reproduisant les activités intellectuelles humaines, soit dans la forme, soit dans la finalité, et qui passerait le test de Turing. L'IAD regroupe quant à elle, les disciplines visant la conception d'un ensemble d'entités reproduisant les activités intellectuelles humaines (Chaib-Draa, 1992), (Huhns , 1987), (Mandiau, 1993). Carabelea (Carabelea *et al.* 2003) définissent un *SMA* comme « *une fédération d'agents logiciels qui interagissent dans un environnement partagé coopérant et coordonnant leurs actions compte tenu de leurs buts et de leurs plans* ». D'après Korhonen (Korhonen *et al.* 2003), les agents utilisent une plate-forme qui fournit une infrastructure partagée et une interface pour l'envoi et la réception de messages. D'après Koch (Koch et al 2002), le

paradigme agent offre des méthodes et des mécanismes pour la création d'applications distribuées, intelligentes, intégrées et coopératives.

Durant la conception d'un système multi-agents (SMA), il est nécessaire de définir les différents rôles que les agents peuvent jouer. A titre d'exemple : *client*, *serveur*, *modérateur*, *coordinateur*, *etc*. Il est aussi nécessaire de préciser la manière dont un agent peut communiquer avec d'autres agents pour accomplir des tâches propres et/ou collectives.

Les systèmes multi-agents (SMA) ont été développés pour modéliser et servir de support aux besoins des organisations en fournissant des cadres de coordination qui imitent les structures de coordination de l'organisation. La structure organisationnelle détermine d'importantes activités qui doivent être explicitement organisées dans des entités autonomes et des relations dans le modèle conceptuel des sociétés agents (Dignum et coll., 2001). En outre, les SMA doivent être capables de s'adapter dynamiquement aux changements de la structure de l'organisation, des objectifs ainsi que des interactions.

2.1 Le paradigme Agent

Les Agents intelligents représentent un nouveau paradigme qui offre des supports et des avantages incontestables pour le développement de logiciels et d'applications dans le domaine de l'IAD (Jennings, Wooldridge, 1998). Plusieurs applications agents se retrouvent dans plusieurs domaines de l'industrie, du commerce et de la santé. Il n'est pas dans notre intention de donner ici un aperçu complet de l'agent, mais plutôt d'apporter une description des concepts, des caractéristiques et les architectures qui sont pertinents notre travail.

La définition du terme agent communément utilisée est celle de Jacques Ferber (Ferber, 1995) *« Un agent peut être défini comme une entité intelligente faisant partie d'un système multi-agents (SMA) »*. Les agents logiciels sont très souvent définis comme *« un système informatique encapsulé qui est situé dans certains environnements et qui est capable de souplesse, d'autonomie d'action dans cet environnement afin de répondre à ses objectifs de conception »* (Jennings, 1995).Par « système informatique encapsulé 'on entend ici qu'il existe une distinction claire entre l'agent et son environnement ». (Dignum, 2004)

L'espace dans lequel évolue le système et donc l'agent est appelé *l'environnement.* L'agent est capable de *percevoir* ce qui l'entoure, et de le *modifier* dans un but donné et avec une certaine *autonomie*. Un agent possède des accointances ; il s'agit d'agents avec lesquels il communique ou interagit et des connaissances sur son environnement. Ces connaissances sont aussi appelées représentations ou croyances. Un agent peut définir un ou plusieurs objectifs également appelés buts

ou encore désirs. Selon l'importance des buts, l'agent peut être amené à planifier ses actions. D'autres auteurs comme Wang propose la définition suivante *« An agent is a piece of autonomous software created by and acting on behalf of a user (or some other agent). It is set up to achieve a modest goal, with the characteristics of autonomy, interaction, reactivity to environment, as well as pro-activeness »* (Wang et al 1999). En outre, ces définitions impliquent qu'il existe une limite bien définie et une interface bien concrète entre l'agent et son environnement.

Les agents sont souvent considérés comme des entités sociopolitiques cognitives capables d'avoir des comportements sociaux humains (Weber, 1978). Pour qu'un agent soit qualifié de cognitif, il doit être doté d'attitudes mentales qui représentent le monde et par ses actions (Panzarasa et coll., 2002), (Wooldridge, 2000). En outre, pour qu'un agent cognitif soit réputé de socio-cognitif, il ne doit pas seulement avoir une position intentionnelle vis-à-vis de l'environnement, mais aussi avec d'autres agents cognitifs (Dennett, 1987). Le comportement social confère ainsi la capacité à communiquer et à coopérer avec les autres agents et les utilisateurs. Enfin, on dit qu'un agent est intelligent, s'il est capable d'apprendre et de réagir comme d'interagir avec son environnement extérieur (Nwana, Ndumu, 1998).

D'un point de vue organisationnel, la fonction principale d'un agent est l'adoption d'un rôle qui contribue à l'objectif global de la société (communauté). L'objectif de la société peut être de déterminer les rôles des agents et les normes des interactions. Les agents peuvent être des acteurs exécutant des rôles décrits dans la structure organisationnelle de la communauté, ses capacités propres et ses objectifs déterminent de façon spécifique la manière avec laquelle il peut jouer un rôle. Plusieurs auteurs ont préconisé des approches axées sur le développement du rôle des agents dans une société (Dignum, et al, 2002b) (Zambonelli et al, 2001a).

2.2 Typologie Agent

La recherche sur les agents cognitifs couvre une très large gamme de concepts. A titre d'exemple, on peut citer les agents dotés de croyances développés par (Bates et al, 1994) qui sont des agents ayant une interaction forte avec l'utilisateur, les agents sociaux dont l'objectif est de coordonner les activités entre agents artificiels (Ossowski, 1999). En plus de cela des modèles d'agents cognitifs ont été élaborés tels que le modèle BDI (Croyance, Désir et Intention) (Rao & Georgeff, 1995), dans lequel « le cerveau » de l' agent est reparti en trois composants : Un composant qui modélise et maintient une représentation de l'état de l'environnement (Croyances), un composant qui négocie les objectifs à accomplir par l'agent (le Désir) et un composant qui gère le choix des actions à accomplir (l'Intention).

Et enfin, les approches agent servent à montrer comment les activités d'un système peuvent être organisées et coordonnées, de plus, elles peuvent être facilement présentées pour soutenir des activités humaines (métaphore sociale). Au regard de leurs caractéristiques et de leurs applications, les agents peuvent être classés en différentes catégories, dont nous présenterons dans la suite un tableau récapitulant les topologies existantes.

Tableau 7 : Typologie des agents

TYPOLOGIE AGENTS		
AGENTS REACTIFS		
Références	CARACTERISTIQUES	
Chaib-Draa, 1996	Son comportement est basé sur les stimuli réponses (ne disposent ni de représentation du monde, ni de représentation de leurs actions qui, prises individuellement, consistent surtout en une réaction rapide face à un stimulus. Les agents réactifs possèdent une faible capacité de coopération qui, généralement, est limitée à la communication par messages, le plus souvent de façon indirecte.	
AGENTS COGNITIFS		
Références	CARACTERISTIQUES	
Ferber, 1995.	Un agent cognitif est un agent qui dispose d'une base de connaissances comprenant l'ensemble des informations et des savoirs-faires nécessaires à la réalisation de sa tâche et à la gestion des interactions avec les autres agents et son environnement.	
Nwana, 1996.	**Agents « intelligents »**	(autonomie, coopération, adaptativité), planifient leurs actions, capacité de négociation avec d'autres agents et d'acquisition ou de modification de leurs connaissances , ils ont en charge la gestion de leurs connaissances.
	Agents « collaborants »	agents cognitifs non apprenants, autonomes et coopérants, dotés de capacités de négociation impliquant une faculté d'adaptation, de modification de leur comportement. La coopération entre de tels agents est plus élaborée que dans le cas des agents réactifs. utilisés dans les domaines qui nécessitent une décentralisation.
	Agents mobiles	Application logicielle capable de se déplacer au sein d'un réseau de communication pour aller effectuer une tâche auprès d'un service puis revenir avec sur son site de départ. la notion d'agent mobile, il s'agit en fait d'une caractéristique supplémentaire permettant à un agent, généralement à un agent information, de parcourir le réseau à la recherche d'informations.
	Agents Assistants Personnels (APA)	permettent de représenter les intérêts des utilisateurs dans le cadre du système en s'adaptant aux besoins de l'utilisateur. Un agent assistant personnel proactif peut non seulement accomplir les tâches qui lui ont été confié par l'utilisateur, mais aussi proposer des sources de connaissance ou d'autres ressources qui ne sont pas explicitement demandé s'ils correspondent à l'intérêt de l'utilisateur. L'assistant personnel interagit avec l'utilisateur et les tâches à faire connaître les préférences de l'utilisateur (Kearney, 1998). La plupart des agents de personnel de base sont ceux dont certaines actions sont simplement automatisées, par exemple le filtrage des emails.
	Agents Coopératifs	Les principales qualités de cette classe d'agents sont les capacités d'autonomie, de coopération et de négociation avec d'autres agents et leur faculté de planification dans le but de résoudre les tâches qui leur sont associées
Koda, 1996. Lashkari, 1994. Lieberman, 1997.	**Agents « interfaces »**	Ils réagissent aux sollicitations de l'utilisateur, ils sont donc peu autonomes. Ils s'adaptent au comportement de l'utilisateur (par exemple, ils peuvent changer leur représentation) et communiquent leurs déductions sur son état (débutant, occasionnel, expert) à d'autres agents "interfaces". Leur fonction consiste à capturer les actions de l'utilisateur (le plus souvent les actions sur le clavier, la souris, mais il est également possible de capturer la voix ou l'expression du visage par utilisation d'une Webcam, caméra dédié aux communications Internet). Ces agents possèdent en général une capacité de coopération limitée à l'échange d'informations concernant les actions de l'utilisateur . Ils sont principalement utilisés pour l'assistance à l'utilisateur dans le cas d'interfaces aux fonctionnalités nombreuses et complexes (par exemple, certaines suites bureautiques), mais également dans le domaine des systèmes tuteurs intelligents **(Adam, 1995)** afin de faciliter l'apprentissage et de diminuer la surcharge cognitive chez l'apprenant .
Ferber, 1995.	**Agent « intentionnel »**	Il est guidé par ses buts et des plans explicites lui permettant d'accomplir ses buts.
	Agent « rationnel »	Est un agent dont les actions sont toujours le fruit d'une délibération raisonnée et qui servent directement à la satisfaction des buts de l'agent

Le choix du ou des types d'agents à utiliser dépend en fait du système multi-agents le plus pertinent pour le problème à résoudre. Par exemple, certains SMA n'utiliseront qu'un seul type d'agents regroupés par objectif, d'autres par contre utilisent plusieurs types d’agents correspondant à des rôles précis nécessaires à la résolution d’un problème. En effet, si les SMAs sont tous composés d'agents

communiquant pour réaliser un objectif commun, il existe plusieurs façons de les organiser et de les utiliser.

2.3 Les Sociétés agents

Il s'agit ici du comportement global d'une société d'agents en s'appuyant sur les théories sociales requises pour la résolution des problèmes dans les univers multi-agents.

Le terme de société est utilisé d'une manière similaire à l'agent comme dans les sociétés humaines ou écologiques. Le rôle de toute société est de permettre à ses membres de coexister dans un environnement commun, de poursuivre leurs rôles respectifs et / ou en collaboration avec d'autres. Les principaux aspects de la définition de la société sont : ses buts, sa structure, ses règles et les normes qui y sont définies, on voit bien une analogie avec le concept de CoPs, car son fonctionnement est lié à un ensemble de règles et de normes que ses membres se définissent. Sa structure est déterminée par les rôles, les règles d'interaction et la langue de communication propriété qui permettent de décrire le comportement des membres. Les normes et les règles dans une CoPs sont établies de façon générale soit par un groupe de personne désigné par leur statut, ou bien par le modérateur désigné par l'ensemble des membres de la CoPs. Selon Gasser (Gasser, 1990), une société d'agents est composée de trois éléments :

- un *ensemble d'agents* : Les organisations peuvent être considérées comme des ensembles d'entités réglementées par des mécanismes de l'ordre social et créés par des acteurs plus ou moins autonomes ayant des objectifs communs à atteindre,
- Un *ensemble de tâches* à réaliser,
- Un *ensemble d'objets* associés à l'environnement,

Les agents sont des entités socialement situés dans un environnement, dont la dynamique dépend de leur comportement (Dautenhahn, 2000).

2.4 Contextes d'utilisation des agents

Après avoir brièvement présenté les agents et leurs caractéristiques, il est important maintenant de décrire dans quels cas le paradigme agent peut ou devrait être utilisé. Selon (Jennings, Wooldridge, 1998) l'utilité de toute technologie doit être jugée selon deux approches: sa capacité à résoudre de nouveaux types de problèmes, et sa capacité à améliorer l'efficacité des solutions actuelles.

Pour cela, le paradigme agent fournit un moyen naturel de visualiser et de caractériser des systèmes intelligents et / ou réactifs (Weiss, 1999). L'Intelligence et l'interaction sont des concepts qui vont de pair, et les systèmes multi-agents reflètent cette vision.

Les systèmes multi-agents fournissent donc un moyen de compréhension des interactions entre les êtres humains et intelligents, comment ils s'organisent en groupes ou dans les sociétés pour les aider à s'améliorer. Ils permettent de maintenir une interaction continue avec quelques environnements. Ils sont par nature assez difficiles à concevoir et à mettre en œuvre. Les processus de systèmes de contrôle et des systèmes de gestion de réseau sont des exemples de tels systèmes réactifs.

Dans la littérature sur les SMA Adam a proposé quatre types de systèmes (Adam, 1999a) :

- *Les systèmes hiérarchiques* : qui représentent une architecture dans laquelle un niveau supérieur définit les contraintes et les objectifs à atteindre par le niveau suivant.
- *Les systèmes distribués* : qui est une architecture dans laquelle les agents sont connectés par l'intermédiaire d'un réseau pour atteindre un objectif donné. Ils sont physiquement distribués.
- *Les systèmes ouverts* : représenté par une architecture dans laquelle les agents n'ont pas besoin d'être conceptualisés ensemble pour partager un objectif commun. Ils ont la capacité de pouvoir dynamiquement quitter ou intégrer le système. Les agents peuvent être hétérogènes.
- *Le système holonique* : c'est une architecture dont la structure résulte de la combinaison de deux structures hiérarchique.

En d'autres termes, ces applications ont besoin de se comporter comme un agent intelligent. Cela amène à penser aux assistants experts, qui sont des agents qui maitrisent à la fois l'application et l'utilisateur.

La technologie agent a été appliquée avec succès dans plusieurs de ces systèmes. Toutefois, le fait que le système peut être conçu comme un système multi-agents ne signifie pas qu'une solution à base d'agent soit toujours la plus appropriée. D'autres écueils à la mise au point de systèmes basés sur l'agent ont été abordés dans une perspective de génie logiciel, il y a plusieurs limitations à l'utilisation d'agents (Jennings, Wooldridge, 1998):

- **les systèmes à agents** n'ont pas de contrôleur du système global. Un agent dédié à une tâche peut donc ne pas être approprié dans les situations où les contraintes globales doivent être maintenues.
- **Les agents à actions locales** sont des agents dont les actions sont déterminées par leurs propres actions locales. Comme dans la plupart des applications, les agents n'ont pas la

connaissance globale de leur environnement. Un des objectifs de la recherche dans les systèmes multi-agents consiste à concilier la prise de décision fondée sur les connaissances locales avec le désir de parvenir à une performance optimale au niveau global (Bond et Gasser, 1988).

- **La confiance** représente l'assurance que les utilisateurs et les organisations accordent aux agents. Le processus d'apprentissage consiste à accorder une certaine confiance et à déléguer certaines tâches à un agent.

2.5 Quelques modèles d'organisation multi-agents

Les systèmes multi-agents peuvent être appréhendés comme composés de nœuds contenant un ou plusieurs agents poursuivant des objectifs communs ou propres, reliés par des flux d'informations. Selon Yu (Yu, 1999) les organisations multi-agents peuvent servir de support de réflexion pour la conception de systèmes d'informations distribués. Fox (Fox, 1981) voit une organisation comme étant une structure décrivant la manière avec laquelle les membres de l'organisation sont liées et interagissent afin d'atteindre un but commun. Donc si l'on aborde une organisation comme étant une structure, il est possible de donner le type de strcture auquel on a à faire, pour cela Le Strugeon (Le Strugeon, 2001) propose trois façons :

- Par la *centralisation/décentralisation des mécanismes de contrôle*, il en résulte une modification du degré de coopération et d'autonomie des agents
- Par les *rôles* joués par les agents, dans ce cas les mécanismes de contrôle sont alors distribués aux agents en fonction de leurs rôles (la plateforme MADKIT (Gutknecht, Ferber, 2003)).
- A travers leurs *objectifs* visés.

Comme nous l'avons bien montré, au sein de toute structure ou organisation un ensemble d'activités peuvent être observée. Ces activités requièrent de disposer de mécanismes d'échange et de communication, d'où l'intérêt ici d'aborder la manière avec laquelle les agents peuvent échanger sur un certains nombres de sujets. En guise de réponse, l'approche de l'ingénierie des protocoles d'interaction a été développée pour proposer des moyens de communications que l'on pourrait offrir aux agents.

3 L’ingénierie des protocoles d’interaction

3.1 La coopération dans les SMAs

La coopération est un des concepts fondamentaux dans le domaine de l’IAD et des SMA. Il ne fait pas de doute qu’envisager la multiplicité des agents conduit directement à l’examen, la description et la modélisation des entités afin qu’ils puissent « coordonner leurs actions », « collaborer à une tâche », « co-agir lors d’un processus collectif » et enfin « coopérer pour atteindre un objectif ».

Donc, la coopération peut être vue comme une attitude intentionnelle, c'est-à-dire que les agents s’engagent dans une action après avoir identifié et adopté un but commun. C’est par exemple le cas d’un groupe de personnes travaillant dans une entreprise qui accepte de partageant un ensemble de connaissances ou d’informations.

La coopération entre agents s’établit en utilisant des actes volontaires de langage. Pour modéliser ces actes de langage, il faut définir une politique de coopération nécessaire pour guider les actes de coopération, le contenu du message et les participants au dialogue.

En se reportant aux différents travaux du domaine, des auteurs comme Davis et Smith (Davis et Smith, 1983) ont analysé la manière avec laquelle les agents coopèrent en partageant des tâches ou des résultats pour atteindre des objectifs communs. L’aspect dynamique du rôle que jouent les agents au cours du processus est d’une grande importance pour le groupe proposé. D’autres travaux comme ceux de Cammarata (Camarata, 1988) se sont intéressés plutôt aux problèmes de répartition de tâches, de choix d’agents et de mise en œuvre de la communication.

Des chercheurs comme Galliers (Galliers, 1988), Conte (Conte, 1991) et Cohen (Cohen et Levesque, 1990) ont souligné l’importance de l’adoption d’un but commun ou d’intention pour tout type de coopération qu’ils considèrent comme un élément essentiel de l’activité sociale.

Les travaux de Castelfranchi (Castelfranchi, 1991) par contre se sont axés sur la coopération par une approche de la psychologie sociale ce qui a aboutit à la théorie de la dépendance et du pouvoir entre les agents pour la mise en œuvre de la coopération. Le système DEPNET est fondé sur cette théorie (Sichman, 1995). Quant aux travaux de Jennings (Jennings, 1994), ils ont consisté à définir et à représenter les connaissances génériques pour mettre en œuvre la coopération.

La résolution distribuée d’un problème qui est une autre composante de l’IA est le résultat de l’interaction coopérative entre plusieurs agents. Pour arriver à un consensus sur l’objet de la coopération, les agents doivent être dotés en plus des connaissances sur leur degré d’implication

(croyances, buts intentions, engagements, modèle de soi et d'autrui), d'une certaine compétence pour entamer la coopération.

La conception des protocoles utile pour définir les règles et le procédures d'une coopération repose sur un formalisme de spécification (types de langages) dont l'adéquation pour la modélisation des conversations est en grande partie déterminée par le fait qu'il supporte des techniques de représentation graphique, d'analyse, de vérification, de composition et de réutilisation. La spécification des protocoles d'interaction considérés individuellement consiste à définir les différents rôles que les agents prennent dans une conversation ainsi que les différents états et transitions qui modélisent chacun des rôles.

3.2 Communication et Interaction

Le langage de communication Agent (ACL) fournit des primitives de langage appliqué au modèle de communication agent. Les ACLs sont considérés comme des langages qui mettent en œuvre l'échange des connaissances au niveau du protocole de communication. La plupart des travaux réalisés dans le domaine des langages de communication agent est fondée sur la perspective du langage d'action (Winograd, Flores, 1986) et la théorie des actes de langages (Searle, 1972) un modèle formel de la communication humaine mis au point par des philosophes et des linguistes.

La théorie des actes de langages introduites par Austin (Austin, 1962), et spécifié par Searle (Searle, 1972) considère en tant que langage naturel les actions de l'homme, telles les demandes, les suggestions, les engagements et les réponses. La théorie des actes de langages stipule que la langue peut être utilisée non seulement pour faire une déclaration, mais effectuer aussi des actions. Par exemple, lorsque quelqu'un demande à quelqu'un d'autre de faire quelque chose, il / elle provoque déjà une action. Dans la théorie des actes de langages, la communication organisationnelle est considérée comme l'échange des actes de langage dans le but de coordonner les activités de l'organisation. La théorie propose ainsi des moyens d'analyser en détail la communication à trois niveaux: le contenu (forme illocutoire), l'intention (illocution) et l'effet (la perlocution). L'Illocution est le but énoncé, à l'instar d'informer, de convaincre, en demandant ou en exigeant. La perlocution est l'effet réel qui a une déclaration. La syntaxe de la communication est moins importante que le « pourquoi » et « ce qui est communiqué ».

Par ailleurs les interactions dans un système d'agents cognitifs se traduisent par des schémas de conversation construits à partir des actes de communication et des prises de décision locales des agents (issus du caractère autonome et du comportement) ou sous la forme de protocoles d'interaction prédéfinis qui concernent le potentiel de tous les agents du système. La notion de

protocole dans les SMA n'est pas du même niveau conceptuel que dans les systèmes répartis. Les protocoles dans les systèmes répartis s'intéressent aux transmissions de données, et au routage des messages, alors que dans les SMA ces protocoles d'interaction sont plutôt liés à l'échange des connaissances et se rapportent à des stratégies de haut niveau de communication poursuivis par les agents et qui rentrent dans des cadres précis d'interaction tels la coordination, négociation, résolution de conflit etc.

Ainsi Wooldridge (Wooldridge et al, 1995) et Rahwan (Rahwan *et al. ,20*04) soulignent la richesse de l'interaction des agents et montrent la nécessité pour les agents de disposer de mécanismes de communication leur permettant de résoudre d'une manière coopérative les problèmes, de coordonner et de synchroniser des actions, de résoudre des conflits, de participer à une négociation et d'envoyer de l'information.

3.3 Coopération, Coordination et Négociation entre agents

Dans un souci d'accomplir une tâche/un but commun de façon efficace, les agents exécutent quatre activités : la coopération, la coordination, le contrôle de tâches et la négociation (dont les deux premières font l'objet de notre propos). Ces quatre activités présentées par Quintero (Quintero et al, 1998) sont propres à l'interaction des agents, et peuvent impliquer de multiples échanges entre eux. Selon ces auteurs la *coopération* permet l'exécution de tâches, dont dépend la configuration organisationnelle du groupe d'agents, sachant que dans un SMA coexistent les tâches globales liées aux intérêts globaux du système et les tâches locales liées aux intérêts individuels de chaque agent. Ce sont ces tâches globales décomposées en sous-tâches qui peuvent être locales ou globales selon la situation. Chaque sous-tâche est réalisée par un agent (compte tenu de ses capacités) en faisant l'hypothèse que l'intégration de la solution des sous-tâches amènera à la solution globale. La décomposition de la tâche globale ne garantit pas l'indépendance de chaque sous-tâche, raison pour laquelle il est nécessaire de compter sur des mécanismes de coopération qui permettent de partager des résultats partiels. Si la structure du groupe d'agents est *centralisée*, les agents demandent la coopération à l'agent central, si elle est *hiérarchique*, la coopération peut être accomplie dans le même niveau ou à des niveaux différents et enfin si elle est *horizontale*, la coopération est possible entre tous les agents.

Pour que les agents puissent coopérer de manière efficace, chaque agent doit posséder certaines capacités :

- Avoir un modèle bien défini de son environnement qui lui permette de localiser les autres agents, de connaître la manière dont il peut communiquer avec eux, de connaître les tâches qu'ils peuvent réaliser ensemble, etc.
- De pouvoir intégrer l'information d'autres agents avec la sienne afin de créer des concepts globaux, c'est-à-dire, posséder une connaissance étendue,
- Etre en mesure d'interrompre un plan qui en cours d'exécution afin d'aider d'autres agents et de coopérer avec eux si besoin.

Ces points conduisent les auteurs comme Malone (Malone, Crowston, 1994) à dire de la coordination qu'elle est un processus de gestion des dépendances entre les activités. S'appuyant sur des disciplines telles que la sociologie et la psychologie, la recherche en théorie de l'organisation (Williamson, 1975), (Powell, 1999) met l'accent sur la façon dont les humains coordonnent leurs activités dans le secteur formel des organisations. D'autre part, il est aussi généralement reconnu que la coordination (sous notion de l'interaction) est un problème important inhérent à la conception et à la mise en œuvre des systèmes multi-agents (Bond, Gasser, 1998).

Ceci étant, la coordination est liée à la planification des actions pour la résolution de tâches. Les plans résultants permettent aux agents tant de connaître et de prédire le comportement d'autres agents du système que d'échanger des résultats partiels amenant à la solution d'une tâche globale du système pour éviter des actions redondantes. La *coordination* peut suivre un modèle global (lorsque le SMA détermine et planifie globalement les actions des différents agents) ou un modèle individuel (lorsque le SMA donne une complète autonomie aux agents, c'est-à-dire lorsque chaque agent a deux responsabilités: décider ce qu'il doit faire, mais aussi faire face aux conflits détectés impliquant d'autres agents).

Il existe deux types de coordination:

- D'une part, la *coordination orientée problèmes* dans laquelle les agents doivent coordonner les plans de réalisation d'actions afin d'empêcher des interblocages, des répétitions d'actions et la création d'inconsistances,
- D'autre part, la *coordination orientée coopération* dans laquelle les agents ne se coordonnent pas au niveau des plans, mais au niveau des actions.

Le défi de la coordination dans les systèmes multi-agents a été reconnues par de nombreux auteurs et plusieurs approches ont été développées et préconisées (Malone, Crowston, 1994) (Fox, Gruniger, 1998). Pour que des activités de *coopération* et de *coordination* soient réussies dans un *SMA*, une troisième activité s'impose, cette activité qu'on nomme *négociation* suggère que les agents puissent

se mettre d'accord chaque fois qu'un agent défend ses propres intérêts, dans ce cas la *négociation* amène à une situation bénéfique pour tous les agents du système. Le processus de *négociation* entraîne alors la modification ou la confirmation des croyances de chaque agent impliqué. Le processus de négociation se voit décrit en six étapes :

a. Définir le problème ;

b. Identifier les aspects de ce problème ;

c. Pondérer des critères ;

d. Générer des alternatives ;

e. Evaluer les alternatives ;

f. Formuler la solution.

La collaboration entre agents peut parfois être de type conflictuel. Dans ce cas, les agents ont des buts identiques avec des vues divergentes voire totalement opposées. Les conflits entre les différents agents peuvent être résolus de deux manières :

- Grâce à un contrôle centralisé qui se charge, en dernier lieu, de prendre la décision,
- Par négociation entre les différents agents en conflit.

Si le principe de négociation semble plus intéressant pour faire émerger des solutions innovantes, ce choix pose d'énormes difficultés notamment dues aux limitations linguistiques des agents et à une trop longue convergence de la négociation quand les conflits d'intérêts sont trop importants.

Par contre la négociation joue un rôle fondamental dans les activités de coopération. Elle permet aux personnes de résoudre des conflits qui pourraient mettre en péril des comportements coopératifs. Durfee et ses collègues (Durfee, 1989) la définissent alors comme *« un processus d'amélioration des accords (en réduisant les inconsistances et l'incertitude) sur des points de vue communs ou des plans d'action grâce à l'échange structuré d'informations pertinentes »*.

Quant à la plupart des chercheurs en IAD, ils utilisent la négociation comme un mécanisme pour coordonner un groupe d'agents. Différentes approches ont été développées en s'appuyant sur la riche diversité des négociations humaines dans divers contextes (Rosenschein, 1994), (Sycara, 1989).

Un des protocoles les plus étudiés pour la négociation s'appuie sur la métaphore organisationnelle (Davis, 1983), le protocole du réseau « Contract-Net » qui est une des approches les plus utilisées pour les SMA (Smith, 1980b). Les agents coordonnent leurs activités grâce à l'établissement de contrats pour atteindre des buts spécifiques. Un agent, agissant comme un gestionnaire (« manager ») décompose son contrat (une tâche ou un problème) en sous-contrats qui pourront être traités par des

agents contractants potentiels. Le gestionnaire annonce chaque sous-contrat sur un réseau d'agents. Les agents reçoivent et évaluent l'annonce. Les agents qui ont les ressources appropriées, l'expertise ou l'information requise envoient au gestionnaire des soumissions (« bids ») qui indiquent leurs capacités à réaliser la tâche annoncée. Le gestionnaire évalue les soumissions et accorde les tâches aux agents les mieux appropriés. Ces agents sont appelés des contractants (« contractors »). Enfin, les gestionnaires et contractants échangent des informations nécessaires durant l'accomplissement des tâches. Parunak (Parunak, 1998) a utilisé ce protocole pour développer un système de contrôle de production.

Un autre protocole de négociation important est proposé par Cammarata et ses collègues (Cammarata, 1988) qui ont étudié les stratégies de coopération pour résoudre des conflits entre des plans d'un ensemble d'agents. Ces stratégies ont été appliquées au domaine du contrôle de trafic aérien avec le but de permettre à chaque agent (représentant un avion) de construire un plan de vol qui permettrait de garder une distance sécuritaire par rapport aux autres avions et de satisfaire des contraintes telles que « atteindre la destination désirée » aux agents impliqués dans une situation conflictuelle potentielle (des avions se rapprochant trop compte tenu de leurs caps respectifs) de choisir l'un d'eux pour résoudre le conflit. Cet agent agit comme un planificateur centralisé et développe un plan multi-agents qui spécifie les actions concurrentes de tous les avions impliqués. Sycara (Sycara, 1989) quant à elle a étudié des situations dans lesquelles on ne peut pas supposer la coopération des agents.

La résolution de conflits est mise en œuvre soit par négociation, soit à l'aide d'un médiateur. Sycara a développé un système qui résout des conflits dans le domaine des relations de travail. Ce système comprend trois agents: l'employeur, les employés et le médiateur. L'employeur et les employés ont des buts conflictuels et le médiateur a en charge de générer des propositions et contre-propositions pour essayer de rapprocher les deux parties adverses. Müller de son côté (Müller, 1996), a indiqué que les recherches en négociation peuvent être divisées en trois catégories :

- Les recherches *sur les langages de négociation* qui s'intéressent aux *primitives de communication* pour la négociation, à leur *sémantique* et à leur *usage* dans les protocoles,
- Les recherches *sur les décisions en négociation* qui s'intéressent, quant à eux, aux *algorithmes pour comparer* les sujets de négociation, les *fonctions d'utilité* et la *caractérisation des préférences* des agents,
- Et enfin, les recherches sur *le processus de négociation* qui étudie des modèles généraux des comportements de négociation des agents.

Différentes techniques de négociation ont été développées en s'appuyant sur la riche diversité des situations de négociation humaine dans divers contextes (Smith, 1983). Dans la littérature on distingue deux tendances majeures :

- D'après la *première tendance*, la négociation se présente comme étant une partie héritée du processus de génération de solution (Lesser, 1993)**.** Elle consiste à spécifier le problème et à proposer des composants de solution par les différents agents jusqu'à atteindre une solution complète ou déduire qu'elle est infaisable. Pour mettre en œuvre cet algorithme, les auteurs proposent sept opérateurs:
  - *Initiate Solution* qui permet de générer une proposition qui sera évaluée par autrui avec l'opérateur *Critique Solution*. La génération d'un feedback, en cas de conflit, est assurée par l'opérateur *Extend Solution*. Dans le cas où le conflit persiste le *Relax Solution Requirement* permet, entre autre, la réévaluation de la solution existante après relaxation. Les opérateurs *Store-Receive-Information* et *Retreive Information* assurent un accès à la base de connaissances. *Terminate Search* est utilisé pour indiquer la fin de la résolution.
- La *deuxième tendance*, qui s'oppose à la première, traite la négociation comme étant un processus indépendant de celui de la génération de solution. Elle consiste, tout d'abord, à décomposer le problème initial en un ensemble de sous-problèmes qui seront répartis sur des agents coopérants. Chacun de ces agents procède à la planification de ses tâches et s'engage avec autrui pour leurs réalisations. A titre d'exemple (Birtwistle, 1995) proposent une structure générique pour supporter la variété des situations de négociation. Cette structure contient trois modèles:
  - le modèle d'agent négociant, qui évoque la nécessité de maintenir pour chaque agent un état mental et des opérations sur cet état. Il s'agit d'expliquer le comportement des agents à partir de leurs croyances, leurs connaissances, leurs plans et leurs préférences,
  - Le langage de négociation définit un ensemble de performatifs parmi lesquelles nous citons : *Propose, Counter-Propose, Ask, Accept, Reject, Retract, Feed-Back,*
  - Le protocole gère les interactions entre les agents en spécifiant les étapes de déroulement de la négociation.

En prenant comme exemple la plateforme JADE qui est conforme aux normes et spécifications FIPA (FIPA, 2000), la négociation établie entre ses agents peut avoir différentes phases après un premier contact afin d'atteindre l'accord optimal entre les agents impliquées. En plus, les agents JADE

peuvent modifier leur protocole de négociation dynamiquement, tout dépend des résultats de négociation intermédiaires**.**

Les activités précédentes de *Coordination, de Coopération, de Contrôle* et de *Négociation* des agents et leurs tâches dans un *SMA* ne sont possibles que si les agents possèdent des protocoles et des mécanismes de communication appropriés et des plans de réalisation.

3.4 La Planification dans un environnement multi-agents

Bond et Gasser (Bond et Gasser, 1988) font remarquer qu'on peut obtenir une grande coordination si on oriente les comportements des agents vers des buts communs en établissant explicitement une répartition du travail entre les agents. Des techniques comme la planification centralisée pour des groupes d'agents, la conciliation de plans, la planification distribuée, l'analyse organisationnelle, sont toutes des façons d'aider les agents à aligner leurs activités en assignant les tâches après avoir raisonné sur les conséquences à réaliser ces tâches dans des ordres particuliers. Dans une approche de planification multi-agents, un plan est créé afin que plusieurs agents puissent l'exécuter. La création d'un tel plan peut être faite par un seul ou par plusieurs agents. En planification multi-agents centralisée un agent est responsable pour la création du plan qui spécifie les actions planifiées pour tous les agents concernés. C'est cette approche qui a été utilisée par Cammarata pour le problème de contrôle de trafic aérien.

Une autre façon d'implémenter la planification multi-agents centralisée a été proposée par Georgeff (Georgeff, 1983). Dans cette approche, les plans des agents sont d'abord créés de façon individuelle; ensuite un agent centralisateur rassemble ces plans et les analyse pour identifier les conflits. L'agent centralisateur en question essaye de résoudre les conflits en modifiant les plans locaux des autres agents et en introduisant des commandes de communication afin que les agents se synchronisent de façon appropriée. Dans une approche de planification distribuée, les activités de planification sont réparties au sein d'un groupe d'agents. Cette approche est utilisée quand un seul agent ne peut pas avoir une vue globale des activités du groupe. Von Martial (Martial, 1992) a distingué, quant à lui, quatre classes de problèmes en planification distribuée:

- La planification dirigée par les tâches et la coordination de plans. En général, la planification multi-agents nécessite une forme ou une autre de synchronisation de plans qui peut être réalisée à divers moments: pendant la décomposition de plan, pendant la construction de plan ou après celle-ci,

- Un modèle de coordination de plans (Martial, 1992) qui s'appuie sur la résolution de conflits basée sur les divers types de relations (négatives et positives) pouvant exister entre ces plans le protocole de communication pour la synchronisation des plans. Les relations négatives sont traitées pour résoudre les conflits et les relations positives sont utilisées pour tirer parti de plans convergents,
- Un protocole de négociation appelé "multi-stage negotiation" pour résoudre de façon coopérative des conflits dans l'allocation de ressources (Conry et al, 1989 ; 1991),
- Une approche appelée "planification partielle globale" (PGP pour Partial Global Planning) qui permet aux agents d'alterner phases de planification et d'exécution (Durfee et Lesser, 1987 ; 1989). Les agents commencent par planifier des interactions coordonnées au mieux de leurs connaissances et réagissent aux situations non prévues en modifiant leurs plans, ici les agents construisent des plans et partagent ces plans pour identifier des améliorations potentielles pour leur coordination.

Dans un SMA les agents doivent gérer des ressources distribuées qui peuvent être physiques (capacités de communication, matières premières, argent) ou informationnelles (informations au sujet de la décomposition du problème). Les agents doivent adapter leurs plans pour tenir compte de la disponibilité des ressources. Bien entendu, la planification contribue à la coordination, dans la mesure où lorsque les agents adoptent un plan « bien fait », ils agissent généralement de manière coordonnée, El- Fallah Seghrouni (El-Fallah, 1995 ; 1996) a travaillé sur cet aspect.

Les systèmes dévéloppés que ce soit en IA/IAD ou dans d'autre domaine du fait du déploiement d'un grand nombre d'applications sur Internet et de leur potentiel d'interaction et de coopération requièrent des mécanismes d'interopérabilités pour permettre l'intégration de tout type de ressources. Trois niveaux d'interopérabilité peuvent être distingués : le niveau ***technologique (interconnexion)***, le niveau ***syntaxique*** et le niveau ***sémantique***. L'interopérabilité consiste à pouvoir de façon dynamique doter un système des capacités d'intégration de tout type de ressources (acteurs, machines, applications). Les multiples interactions entre ses ressources et l'hétérogénéité des outils rendent cette notion complexe. Plusieurs solutions ont été proposées pour palier à ce problème d'interopérabilité (Génésareth, 1994). Ces solutions consistent à encapsuler les programmes existants avec un composant doté de mécanismes de communication permettant un échange d'information entre différents systèmes. Papazoglou dans ses travaux parle de coopération ou « d'interopérabilité intelligente », en prenant comme hypothèse qu'un SI fonctionne et raisonne comme un « agent informationnel intelligent » (Papazoglou, 1992).

En tant que systèmes logiciels, les systèmes multi-agents sont également confrontés au problème de l'interopérabilité d'autant plus que leur vocation à interagir et à coopérer de façon autonome est l'essence même de leur existence. De ce fait, l'interopérabilité ne peut se limiter à une simple invocation de services mais nécessite la mise en place de mécanismes sophistiqués de recherche de services capables de satisfaire des besoins, et de modèles d'interaction complexes.

L'interopérabilité des SMA a d'ailleurs été promue par différentes institutions (ou consortiums) dont la FIPA qui déploie d'énormes efforts afin de proposer des normes (spécifications) : FIPA-ACL (Labrou et al, 1999) au niveau communication, AAA2 au niveau architectural, etc. et des standards qui assurent une interopérabilité à différents niveaux des architectures SMA (Flores-Mendez, 1999), (Lyell, 2002). La FIPA a également encouragé le développement de différentes plates-formes respectant ces spécifications : JADE (Bellifimine et al, 1999).

3.5 Le partage, l'acquisition et l'échanges des connaissances

Concernant le domaine de la connaissance et du partage de l'information, les agents logiciels sont souvent employés comme outils pour gérer le couplage entre diverses sources d'information, pour fournir une unification de la présentation des composantes hétérogènes et distribués, pour permettre la personnalisation, la navigation et la présentation de la connaissance. Les agents dans ce processus viennent ainsi renforcer la capacité et l'utilité d'autres systèmes informatiques, ou soit peuvent être utilisé comme assistant pour diverses tâches de l'utilisateur. Dans ce cadre différent types d'agents ont été conçu, parmi lesquels :

- Les **agents de services** développés par (Klusch, 1999) qui offrent les services qui permettent
  - de rechercher, d'acquérir, d'analyser, d'intégrer et d'archiver les informations à partir de multiples sources hétérogènes,
  - d'informer lorsque de nouvelles informations sont disponibles,
  - de négocier, d'acheter et de recevoir des informations, des biens ou des services,
  - d'expliquer la pertinence, la qualité et la fiabilité de l'information, d'apprendre, d'adapter et d'évaluer ces informations lorsque les conditions changent.
- **les agents d'information coopératifs (Cooperative Information Agents (CIA))** qui sont des agents opérant dans un environnement coopératifs. Leurs activités portent sur les accès multiples, distribués et hétérogènes des sources d'information. Les recherches actuelles

mettent l'accent sur l'intégration et la diffusion des requêtes, les recherches dans ce domaine ont abouti au développement de différents types d'agents que sont :

- les ***agents de négociation***, ***les agents collectifs, les agents mobiles*** et les ***agents collaboratifs*** pour la découverte d'informations (Kerschberg, 2000). Les CIA ont été utilisés pour modéliser les systèmes où les utilisateurs partagent leurs préférences pour obtenir des recommandations pour des objets invisibles et inconnue (Delgado, 2000) Ces systèmes sont aussi appelés *Recommender Systems* (Varian, Resnick, 1997) et sont utilisés dans le commerce électronique pour fournir aux clients potentiels des informations telles que « les clients qui ont acheté cet article ont aussi acheté ... »

- **Les agents assistants personnels (APA)** qui permettent de représenter les intérêts des utilisateurs tout en s'adaptant à leurs besoins.

En plus de ces approches de négociation, coopération, collaboration entre agents d'un SMAs, des modèles et méthodes ont été élaborés pour offrir des pistes de développement de systèmes à base d'agents.

4 Méthodes et modèles agents

Dans ce paragraphe, nous allons décrire les principaux modèles et méthodes SMA que nous avons recensées dans la littérature. Ces méthodes que nous avons étudiées en détail sont les principales et sont les plus représentatives des méthodes de développement SMA existantes. Ces modèles /méthodes constituent soit une extension des méthodes orientées-objet, soit une extension des méthodes à base de connaissances (RaPC, CommonKADS). Certaines sont conçues pour un contexte particulier. Les principaux avantages de ces approches sont :

- Un agent peut être considéré comme un objet actif ayant un état mental, un objectif et une autonomie,
- Les deux paradigmes (objet et agent) utilisent l'envoi de messages pour la communication, et peuvent utiliser l'héritage et l'agrégation pour définir leurs architectures,
- Les méthodes orientées-objet sont populaires, en ce sens que plusieurs d'entre elles sont utilisées avec succès dans l'industrie. L'expérience et le succès liés à cette utilisation peuvent faciliter l'intégration de la technologie agent,
- Les modèles de ce paradigme peuvent être utilisés pour décrire les agents,

- Les cas d'utilisation et les diagrammes de collaboration peuvent être utilisés dans lIdentification des agents.

4.1 La méthode GAIA

La méthode Gaia propose une démarche de définition des composantes d'un système multi-agents. Elle peut être utilisée, indépendamment de tout modèle d'agent.

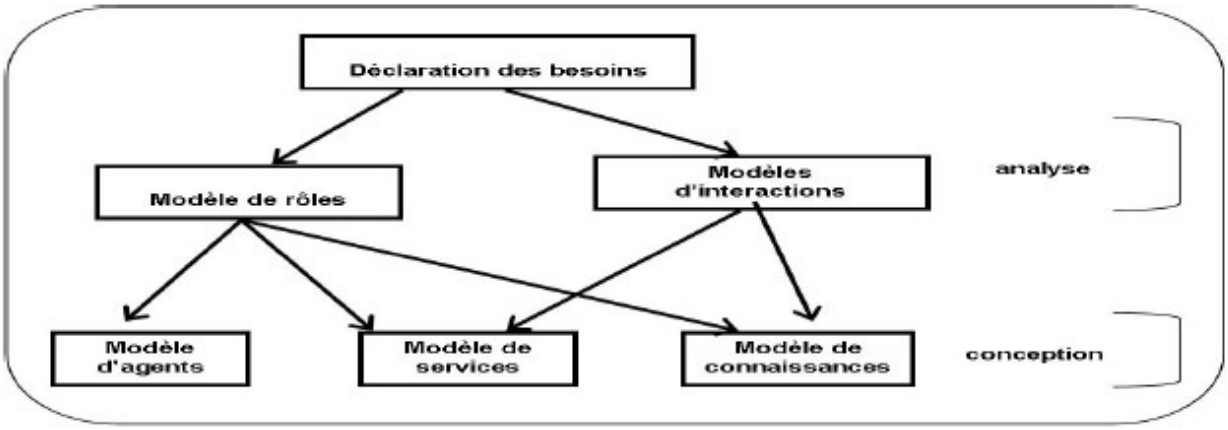
Elle présente deux phases principales (figure 3.1) :

- la phase d'analyse qui produit deux modèles : le modèle de rôles et le modèle d'interactions,
- la phase de conception qui transforme les modèles abstraits de la phase d'analyse. Le processus de conception se base sur les trois modèles : modèle d'agent, modèle de service et modèle de connaissances.

Le processus d'analyse est découpé en deux phases : phase de définition des rôles (roles model) et phase de définition des interactions (interactions model). Un rôle est défini comme une description abstraite de la fonction qu'une entité peut avoir au sein d'un système. Chaque rôle est décrit par :(1) des permissions qui identifient les ressources que le rôle a la possibilité d'utiliser, (2) des responsabilités qui définissent les fonctionnalités du rôle, et donc ce qu'il est capable de réaliser, (3) des protocoles qui symbolisent les interactions entre les rôles. Ils sont conçus dans la phase de définition des interactions.

La couche de conception est décrite en trois modèles : celui des agents (agent model), celui des services (services model) et celui des accointances (acquaintance model). Elle est définie à partir de la couche précédente. L'agrégation des rôles permet de définir les agents. L'agent possède ainsi les permissions, les responsabilités et les protocoles de chacun des rôles agrégés. Les services énumèrent, les différents services assurés par chaque rôle. Enfin, les accointances déterminent par des graphes, les voies de communications possibles entre les agents en s'appuyant principalement sur les protocoles.

Figure 11: Les modèles de GAIA (Wooldridge 2000b)



GAIA ne facilite pas la modélisation d'un système à plusieurs niveaux d'abstraction et le raffinement de ses composantes de manière itérative. Ceci est en partie dû au fait qu'elle n'autorise pas une décomposition récursive du système. Les rôles sont en effet des entités atomiques situées à un niveau d'abstraction donné et aucun mécanisme de composition des rôles n'est explicité. Les informations relatives à l'environnement sont implicitement traduites dans les droits et les protocoles des rôles. GAIA ne fournit pas de modèle complet de l'environnement ce qui la rend inappropriée pour modéliser des applications en environnement hétérogène et dynamique. La modélisation dans GAIA est associée aux langages AUML et UML. GAIA n'adresse pas la phase d'implantation, et ne fournit par conséquent aucun guide sur cet aspect.L'étape de déclaration des besoins permet la programmation des agents répondant à ces besoins.

4.2 La méthode MAS-CommonKADS

Cette méthode combine les méthodes (Caron, 1998) (Iglesias et al. 1996) de CommonKADS (Schreiber et al, 1994) OOSE (Object Oriented Software Engineering) (Jacobson, 1992), OMT (Object Modeling Technique) (Rumbaugh et al, 1991) et des protocoles d'agents SDL (Specification and Description Language) (Itu, 1994) et MSC96 (Message Sequence Charts) (Ekkart, 1996). Elle permet de traiter tout le processus d'acquisition des connaissances. Les différents modèles utilisés dans cette méthode sont : *modèle agent, modèle des tâches, modèle d'expertise, modèle de coordination, modèle organisationnel, modèle de communication et modèle de conception*. Ses modèles sont réutilisables. Cette méthode s'inscrit donc dans l'objectif de traiter tout le processus d'acquisition des connaissances du recueil des données et des connaissances au développement d'un système complet **;** cette méthode est dirigée par les modèles, et non pas par l'implantation; elle se focalise donc sur l'acquisition structurée de connaissances, et non sur les contraintes d'implantation. Elle utilise les techniques de la méthode à base de connaissances CommonKADS, les techniques des

méthodologies orientées-objet telles qu'Object Modeling Technique (OMT). Ces méthodes fournissent des modèles (cependant complexes) qui prennent mieux en compte l'état interne des agents que ceux des méthodes GAIA.

4.3 Le modèle voyelle

D'après le modèle Voyelle (Demazeau, 1997), un SMA est constitué d'un ensemble d'agents (Voyelle A) réunis en organisation (Voyelle O) qui interagissent (Voyelle I) dans un environnement (Voyelle E). Trois principes viennent compléter ce modèle:

- Le *principe de déclaration* qui signifie qu'il est nécessaire de considérer les quatre composantes pour aborder un système multi-agents,
- Le *principe fonctionnel* : Ce principe énonce que les fonctionnalités globales du système sont supérieures à la somme des fonctionnalités des agents grâce aux processus issus des collaborations entre les différents agents,
- Le *principe de récursivité* : Un système multi-agent peut, à un niveau d'abstraction supérieur, être perçu comme un agent interagissant au sein d'un autre système multi-agents.

4.4 Le modèle Aaladin/AGR

Le modèle décompose l'analyse des structures collectives en deux niveaux:

- Le *niveau descriptif* qui correspond aux concepts centraux d'agent, de groupe et de rôle. C'est à ce niveau que se décrit une organisation réelle. Le modèle Aaladin est basé sur trois concepts Agent-groupe-rôle (Gutknecht et a, 2001),
  - ***L'agent*** : dans ce modèle, un agent est simplement défini comme une entité autonome communicante qui joue des rôles au sein de différents groupes. On pourrait reprocher à cette définition son flou, mais nous insistons sur le fait qu'elle est intentionnellement générale pour permettre à chaque concepteur d'agent de choisir parmi les modèles classiques le plus adapté à son application,
  - ***Le groupe*** : le groupe se définit comme la notion primitive de regroupement d'agents. Chaque agent peut être membre d'un ou plusieurs groupes. Dans sa forme la plus simple, un groupe peut être vu comme un moyen d'identifier par regroupement un ensemble d'agents, d'une manière plus évoluée, le groupe peut être vu comme un SMA usuel. Un

point majeur de cette définition est que les différents groupes peuvent se recouper librement. Un groupe peut être fondé par n'importe quel agent,

- ***Le rôle*** : Le rôle est une représentation abstraite d'une fonction, d'un service ou d'une identification d'un agent au sein d'un groupe particulier. Chaque agent peut avoir plusieurs rôles, un même rôle peut être tenu par plusieurs agents, et les rôles sont locaux aux groupes. La tenue d'un rôle dans un groupe préexistant doit être demandée par l'agent et n'est pas forcément accordée.

Pour résumer, un agent *a* peut entrer dans un groupe *g* pour y jouer un rôle *r* si une fonction d'acceptation booléenne *fg r (a)* est évaluée à vrai. AGR est associé à la plate-forme d'implantation Madkit qui fournit les concepts de base nécessaires à l'implantation du modèle organisationnel.

En dehors des concepts agent-groupe-rôle, le modèle Aaladin est doté d'autres concepts qui peuvent être utilisé dans la conception d'un SMA, à savoir le concept de **structure de groupe** porte sur la description abstraite d'un groupe, de **structure organisationnelle** elle se définit comme un ensemble de structures de groupe définissant un modèle d'organisation multi-agents et d'interactions.

- Et le *niveau méthodologique* qui définit l'ensemble des rôles possibles, spécifie les interactions et décrit les structures abstraites de groupe et d'organisation.

4.5 Le modèle OperA

Ce modèle définit trois composantes qui sont:

- La *structure organisationnelle* de la société, composée des rôles et des interactions, à l'image des parties prenantes d'une organisation, est décrite dans le modèle d'organisation. Les rôles dans le modèle organisationnel sont "remplis" par des agents, et précisée dans le modèle social en termes d'accords relatifs à la promulgation des rôles des agents individuels,
- Enfin, compte tenu du nombre d'agent dans une société agent, le *modèle d'interaction* (IM) reflète les exigences d'une organisation en termes d'échange. Dans le modèle OperA, les agents sont considérés comme des entités autonomes, communicatives qui jouent des rôles dans la société en vue de réaliser leurs propres objectifs et ce en fonction de l'architecture.

Les **modèles OperA** sont basés sur les caractéristiques organisationnelles d'une société. Le lien entre les modèles et les agents OperA est fait par l'intermédiaire d'accords pris lorsqu'un agent adopte un rôle spécifié dans le modèle social.

- Donc le modèle organisationnel (OM) spécifie les caractéristiques organisationnelles d'une société agent sous forme de quatre structures : sociale, interaction, normative et communication.
  - La *structure sociale* (SS) précise les objectifs de la société, ses rôles, et quel type de modèle régit la coordination,
  - La *structure d'interaction* (IS) décrit les différentes interactions du système, déroulement des scripts, donne la représentation d'une tâche et exigence de la société une action coordonnée de plusieurs rôles, donne une commande partielle du déroulement et précisent les interactions entre les rôles. Les normes et règlements sont précisés dans le plan normatif,
  - la *structure normative* (NS), exprimé en termes de rôle et d'interaction,
  - Et enfin, la *structure de communication* (CS), précise les ontologies pour la description des notions de domaine et d'illocutions. La manière dont l'interaction se produit dans une société repose sur les objectifs et les caractéristiques de la demande, et détermine la façon dont les rôles sont liés les uns avec les autres et la façon dont les objectifs et les normes se sont déroulés entre les rôles.
- Dans le *modèle social* (MS), la définition des rôles est fixée par les mandataires sociaux définit dans les contrats qui décrivent les capacités et les responsabilités de l'agent au sein de la société, c'est-à-dire les procédures par lesquelles un agent doit s'acquitter de son rôle. Un contrat social définit un rôle adopté par un mandataire. L'utilisation de contrats pour décrire l'activité du système permet, d'une part, de faire preuve de souplesse dans l'équilibre entre les objectifs organisationnels et les désirs des agents, et, d'autre part, aux fins de vérification des résultats du système,
- Dans le *modèle d'interaction* (MI) sont décrites les scènes concrètes d'interaction créée de la définition des rôles des agents, et basé sur l'interaction des scripts spécifiés dans le MO. Les rôles qu'adoptent des agents leurs permettent de négocier des accords spécifiques d'interaction les uns avec les autres. Comme dans le MS, l'interaction entre contrats permet d'une part, de faire preuve de souplesse et de personnalisation lors de la conception, de l'organisation et, d'autre part, au fin de vérification lors de la conception.

4.6 Le modèle TROPOS

Tropos a été introduit avec l'idée d'utiliser le paradigme agents et ses notions mentales au cours de toutes les phases du processus de développement des logiciels, la méthode (Bresciani et al, 2004) est basée sur le cadre de modélisation i* (Yu, 1995) lequel propose les concepts tels que acteurs, objectifs, tâches, et dépendances sociales pour modéliser d'une part ce que le système doit être et d'autre part l'environnement organisationnel dans lequel le système va opérer. Le cadre **i*** va ainsi permettre de représenter les modèles de dépendances, modèle dont nous nous inspirons pour la représentation des entités de la communauté. Par exemple le *diagramme d'*acteurs dans Tropos permet de décrire les réseaux d'interdépendances entres acteurs du système et les modèles stratégiques rationnels représente le *diagramme d'objectifs.* Un diagramme d'acteurs est un graphe dont les nœuds représentent les acteurs (agents, position, ou rôles), tandis que les lignes les dépendances entre les acteurs. Les dépendances représentent les accords dont dépend un acteur pour atteindre son objectif, améliorer ses compétences ou délivrer une ressource. Quant au *diagramme d'objectifs,* il décrit un graphe dont les nœuds sont les objectifs ou plans, tandis que les liens représentent les relations entre objectifs/plans tel qu'une décomposition OR/AND.

Pour ce qui concerne la méthode Tropos elle se subdivise en quatre phases :

- *L'analyse pré-conditionnelle* (Early requirements analysis): s'applique à la compréhension de l'application en étudiant les spécificités organisationnelles cette phase génère deux modèles :
  - Le *modèle de dépendance stratégique* et le *modèle de rationalité stratégique*. Ces deux modèles spécifient les acteurs du système en même temps que leur but et leurs interdépendances. Le premier modèle en particulier décrit les accords passés entre acteurs. Le deuxième modèle quant à lui détermine à travers l'analyse « means-ends » comment les buts d'un acteur peuvent être remplis à partir des contributions des autres acteurs.
- *L'analyse post-conditionnelle* (Late requirements analysis): décrit le système en lui-même au sein de son environnement, ce qui aboutit à la spécification des conditions, lesquelles décrivent tous les besoins fonctionnels ou non fonctionnels de ce que doit être le système,
- La *conception architecturale* : concerne la structure globale de ce que doit être le système. Les composants du système et du sous-système sont représentés par des acteurs et leurs dépendances avec d'autres systèmes sont des relations sociales plus que des relations procédurales/structurelles. Ceci signifie que les composants du système ont les capacités de gérer les dépendances avec les autres acteurs afin de s'assurer que les rapports sont bien remplis,

- La *conception détaillée* : se focalise sur les spécifications du langage de communication des acteurs. Ainsi les langages de communication adoptés sont FIPA-ACL (Labrou et al, 1999), et KQML (Labrou et al, 1997).

4.7 Le Langage de communication agents

Les agents communiquent entre eux dans le système pour s'échanger des informations tout en ayant des objectifs d'accomplir des buts qui leurs sont propres ou partagés. La communication est nécessaire aux agents pour permettre de coordonner leurs actions et d'aboutir ainsi à des comportements cohérents du système.

Le principal défi de la coordination et de collaboration entre entités hétérogènes et systèmes intelligents autonomes est d'arriver à concilier l'ouverture, la richesse en informations provenant de l'environnement et la compréhension mutuelle. Ce n'est que par le partage d'une connaissance mutuelle du domaine que les agents peuvent être en mesure d'échanger et de combiner des informations de sources hétérogènes. La communication et l'interaction sociale comportent à la fois la représentation de la connaissance dans un langage donné (pour spécifier le comportement interne des agents) et un protocole de communication (précise les interactions entre les agents). Etant donné un domaine particulier du discours, et notamment la communauté agents qui ont des compétences du domaine, un langage de communication est alors nécessaire pour véhiculer les connaissances et les comportements liés à ces connaissances en son sein.

Dans ce qui suit nous abordons les types de langages de communication utilisés pour communiquer entre agents et comment ils peuvent être utilisés pour modéliser un SMA.

4.7.1 FIPA/ FIPA-ACL

Les développements récents dans le domaine de la communication agent ont abouti à la définition de deux ACLs fondée sur le discours de la théorie des actes. Le langage FIPA ACL, le cadre de cet ACL est proposé par la Foundation for Intelligent Physical Agents (FIPA, 2002). FIPA ACL est associée à la FIPA agent de l'architecture ouverte. FIPA ACL est basé sur Speech Act Theory et est indépendante de la langue et le contenu est conçu pour fonctionner avec n'importe quel contenu de la langue et de toute l'approche de spécification de l'ontologie. En outre, le FIPA ACL - se limite à des primitives qui sont utilisés dans les communications entre agent. FIPA a une architecture de système de gestion de l'agent qui spécifie les services qui gèrent les agents collectifs. Les deux ACL sont similaires à ceux de la famille de ce qu'on appelle les langages de coordination (Carriero, 1992).

De la même manière, FIPA ACL permet d'approfondir la connaissance dans un formalisme de représentation des connaissances (les primitives de communication), et de se concentrer sur la définition de la coordination au niveau des langages de connaissances qui peuvent être utilisée pour spécifier une gamme de stratégies de coopération. Les connaissances de coordination dans les langages sont situées à un niveau plus élevé d'abstraction, puisqu'ils ne soutiennent pas la coordination au niveau du symbole, mais au niveau de la connaissance (Newell, 1993).

Les agents communiquent entre eux à travers des messages. Pour cette raison, la *FIPA* (*Foundation for Intelligent Physical Agents*) a défini des standards pour la structure des messages, leur représentation et les mécanismes pour leur transport. La *FIPA* a créé le *FIPA Agent Communication Language* (*FIPA ACL*), un langage dont la spécification consiste en un ensemble de types de message (« *actes de communication* ») et en un ensemble de protocoles d'interaction de haut niveau.

La *FIPA* a défini un « *acte de communication* » (« *communication act* ») comme une classe spéciale d'actions qui correspondent aux blocs les plus simples de dialogue entre les agents. Un *acte de communication* possède une signification bien définie, déclarative, indépendante du contenu d'un autre acte. L'idée de base des *actes de communication* est la théorie des « *actes de discours* » (« *speech act* ») proposée par Searle (Searle, 1972). Les *actes de communication* sont accomplis à travers l'envoi de messages d'un agent à un autre en utilisant les spécifications établies par la *FIPA*. Un message *FIPA ACL* contient un ensemble de paramètres. Le seul paramètre obligatoire est la « *performative* » (c'est-à-dire, un *acte de communication*). Néanmoins, la plupart des messages doivent contenir des paramètres tels que l'expéditeur, le destinataire et le contenu. Les paramètres d'un message que la *FIPA* a spécifiés sont : « sender », « receiver », « reply-to », « content », « language », « encoding », « ontology », « protocol », « conversation-id », « replywith », « in-reply-to », « reply-by ».

4.7.2 Langage de modélisation

Ces langages permettent de représenter les interactions entre agents. Odell **(**Odell et al, 2001) ainsi que Poggi (Poggi et al 2004) ont proposé un langage baptisé « *Agent Unified Modelling Language* » (*AUML*) qui est un ensemble d'extensions et d'idiomes d'*UML*. *AUML* possède divers diagrammes permettant la modélisation des communications entre des agents :

- *Les templates et packages* sont des modèles paramétrés utilisés pour représenter des protocoles d'interaction d'agents (*AIP*, *Agent Interaction Protocols*) et pour regrouper des agents selon un critère particulier (par exemple, leurs rôles, leurs fonctionnalités),

- *Les diagrammes d'activité et d'état* sont utilisés pour capturer tant la dynamique entre les agents que la dynamique à l'intérieur de chaque agent. Ils capturent le flux de traitement de données par les agents,
- *Les diagrammes de collaboration et de séquence* sont utilisés pour capturer la dynamique entre les agents. D'un côté, les *diagrammes de collaboration* présentent les associations entre les agents, de l'autre, les *diagrammes de séquence* expriment la séquence chronologique des communications entre des agents,
- *Les diagrammes de déploiement* représentent un graphe de *nœuds* connectés à travers des *associations*. Un *nœud* est un élément qui représente une ressource informatique possédant de la mémoire et une capacité de traitement d'information. Poggi (Poggi, 2004) utilisent les diagrammes de déploiement pour représenter la mobilité des agents à travers une association entre deux nœuds. Un agent peut s'exécuter sur un nœud. Cette association utilise le stéréotype « *moves* », en spécifiant les déplacements de l'agent mobile d'un nœud (le nœud source) à un autre (le nœud destination) et le chemin (entre les deux nœuds) que l'agent mobile doit suivre. Une annotation indique l'objectif de ce déplacement. Ces diagrammes montrent des instances d'agents et intègrent d'autres stéréotypes représentant la mobilité tels que : « *home* » qui indique le nœud source de l'agent mobile, « *destination* » qui indique le nœud destination de l'agent mobile, « *visitor* » qui indique que l'agent mobile visite un nœud. Ces trois stéréotypes indiquent l'état de l'agent mobile. Il est nécessaire de préciser la direction du déplacement de l'agent. Lorsque le nœud destination manque, le nœud source devient la destination par défaut. Odell (Odell, 2001) utilisent les *diagrammes de séquence AUML* afin de représenter les possibilités de concurrence à l'exécution d'agents. Dans ce qui suit nous décrivons les plateformes multi-agents et leurs domaines d'applications. L'objectif étant ainsi de présenter les aspects sur lesquels nous comptons nous appuyer pour établir notre proposition future.

4.8 Synthèse sur les méthodes agents

Les méthodes ont été introduites pour analyser des problèmes complexes et développer des systèmes multi-agents. Cependant, ces méthodes ne fournissent pas un processus complet de développement (analyse, conception, implémentation, déploiement...). De plus, elles ne se basent pas sur les architectures d'agents et les outils de développement existants. GAIA est la méthode multi-agents la plus connue, mais elle ne couvre que les phases d'analyse et de conception. Toutefois, l'ensemble de

ces méthodes ne proposent pas d'utiliser les modèles conceptuels pour obtenir une implémentation dans une plate-forme donnée.

5 Les plateformes multi-agents et leurs domaines d'application.

Une plate-forme est un ensemble d'outils nécessaire à la construction et à la mise en service d'agents au sein d'un environnement spécifique, et ce genre d'outils peut se trouver sous forme d'environnement de programmation (API) ou d'applications aidant à la programmation d'un SMA ainsi que son débogage. Il existe en plus de celles que nous présentons dans la suite, d'autres propositions en termes de logiciel orienté agent (Bauer et al, 2001), (Iglesias et Gonzalez, 1999), (Jennings, 2000), (Kinny et Georgeff, 2000), (Schreiber et al, 2000), (Wood et DeLoach, 2001), (Wooldridge, 2000).

5.1 La plateforme SHINE

Dans SHINE (Yoshida, 2000, 1996), les concepteurs ont adoptés une architecture multi-agents décentralisée. Dans cette approche, les mécanismes de contrôle et de données dans les relations entre humains sont distribués à chaque personne. La plateforme SHINE permet de gérer l'organizer d'une communauté. L'organizer d'une communauté permet d'afficher les activités potentielles de chaque membre d'une communauté et les communications entre les différents membres. Le challenge de SHINE est de pouvoir gérer l'ouverture des communautés à cause de la dispersion géographique de ses membres. Toutefois, cette ouverture est assez difficile à maintenir. Car ses membres sont incapables de faire face au grand nombre d'informations ou au trop grand nombre d'autres membres, ils ont tendance à perdre la perspective d'agir ou d'hésiter à agir. La structure interne de l'agent SHINE propose plusieurs modules comme suit :

- Le module «*Person Database*» récupère les informations sur les autres membres ainsi que l'utilisateur auquel on a associé un agent,
- Le module «*Post*» qui permet d'échanger des messages avec les autres agents,
- Le module «*Planner*» décide des actions de chaque agent,
- Le module «Application Interface» connecte les utilisateurs avec le module «*Planner*» et le module «*Person Database*»,

La couche SHINE soutient chaque module de la couche d'application comme suit :

- Pour l'interface utilisateur, SHINE met en lien le besoin de la communauté d'utilisateur avec celui de la logique du système d'information,
- Pour ce qui concerne le corps du programme d'application, SHINE permet à un membre de la communauté d'analyser ses caractéristiques, les rôles, et les situations des personnes,
- Quant à l'interface il permet les communications avec les autres, SHINE fournit les capacités d'adaptation aux changements dynamiques dans le cadre des accointances dans la formation des relations avec les groupes de connaissance.

5.2 La plateforme AGORA

Le système AGORA développé par (Wang et al, 1999) a pour objectif le support aux activités dans un environnement Cooperative Software Engineering (CSE). AGORA est un système au sein duquel les agents se rencontrent et interagissent, ces agents permettent ainsi de faciliter les interactions. En plus de cela Agora fournit un ensemble d'actes de conversations (proposal, counter-proposal, acceptance, rejection, confirm, deny, inform) qui définissent comment un agent peut interagir avec un autre. AGORA spécifie une syntaxe pour la transmission des messages et une sémantique communes. Agora fournit un ensemble d'actes de conversations (proposal, counterproposal, acceptance, rejection, confirm, deny, inform etc) qui définissent comment un agent peut interagir avec un autre. La négociation inter-agents dépend fortement des stratégies de négociations utilisées par l'agent qu'on sollicite, ces stratégies peuvent servir d'appui à la modélisation de nos entités artificielles au cours d'une phase de recherche de consensus dans le traitement des tâches.

5.3 La plateforme MAdKIT

MadKit (Multi-Agents Developpement Kit) (Gutchnekt, Ferber, 2003) est une plateforme multi-agents écrite en Java et conçue selon le modèle d'organisation Alaadin AGR (Agent/Group/Role) (Ferber et Gutknecht, 2003). Les agents sont situés dans les groupes et jouent un ou plusieurs rôles dans un ou plusieurs groupes. Chaque groupe permet un rapprochement de certains agents ayant des affinités de communication ou de fonctionnalité. Les communications entre agents sont autorisées uniquement au sein d'un même groupe. Les rôles des agents représentent leurs capacités à effectuer un service pour un groupe donné. Un agent peut avoir plusieurs rôles et appartenir à plusieurs groupes en même temps, ce qui offre des possibilités de communication entre groupes ou alors un agent mixte peut servir d'intermédiaire entre deux groupes distincts. Les fonctions associées à tout agent, dans cette plate-forme sont :

- *Cycle de vie* : l’agent dispose de quatre états (création, activation, exécution et des destructions), et a la possibilité de démarrer d’autres agents sur le noyau local,
- *Communication* : la communication utilisée est directe (passage de message asynchrone), ou sous forme d’une diffusion généralisée à tous les agents qui ont un rôle dans un groupe donné,
- *Organisation* : tout agent observe son organisation locale c'est-à-dire les groupes et les rôles courants,
- *Outils* : les classes de base des agents permettent de manipuler une éventuelle interface graphique associée à l’agent, les flots d’entrée/sortie, etc.

MadKit implémente et utilise le modèle AGR pour ses différentes tâches de développement des agents. Dans ce modèle, les concepts organisationnels tels que: les groupes, les rôles, les structures, les dépendances, etc. sont considérés comme les briques de base qui permettront le développement des systèmes scalables et hétérogènes. La philosophie de MadKit est basée sur l'idée d'utiliser le plus possible la plateforme pour ses propres besoins de gestion. Aucun service autre que ceux offerts par le micro-noyau n'est utilisé par les agents. Des groupes d’agents ont été proposés dans d'autres plateformes, mais ils manquent la capacité à gérer des groupes multiples et des rôles différents pour le même agent au sein d'un groupe.

5.4 La plateforme AgentBuilder

AgentBuilder est une suite intégrée d'outils permettant de construire des agents intelligents, elle a été développée en JAVA par Reticular Systems Inc. L'élaboration du comportement des agents se fait à partir du modèle BDI et du langage AGENT-0. KQML est utilisé comme langage de communication entre les agents. AgentBuilder est composé d'une interface graphique et d'un langage orienté agent permettant de définir des croyances, des engagements et des actions. Il permet également de définir des ontologies et des protocoles de communications inter-agents. Un agent crée avec cet outil est typiquement un agent d'interface, chargé de faciliter la recherche d'information ou la réalisation de certaines tâches à la place de son utilisateur. Un tel agent sera capable de filtrer l'information, de négocier des services avec d'autres agents et dialoguer avec son utilisateur.

La documentation AgentBuilder couvre presque toutes les étapes, de l’analyse au développement, c’est un avantage, même si les pièces d’analyses et de conception sont succinctes. Elles traitent d’avantage du quoi faire plutôt que du comment faire. Les outils logiciels couvrent presque tous les étapes, et établissent des liens entre eux.

5.5 La plateforme CoMoMAS

Un agent est vu ici comme une entité ayant des compétences réactives, cognitives coopératives et/ou sociales. La méthode CoMoMAS (Glaser, 1996) utilise la syntaxe de CML (Conceptual Modeling Language) (Schreiber et al 1994) pour décrire ses différents modèles qui sont : le modèle d'agent, le modèle d'expertise, le modèle de tâche, le modèle de coopération, le modèle du système et le modèle de conception.

La méthode CoMoMAS couvre presque toutes les étapes du processus de développement. L'étude ergonomique est possible à cause de l'utilisation dans CoMoMAS de CLOS (Berlage, 1993) qui est un langage de programmation orientée-objet à interface utilisateur graphique. Rien ne nous indique l'implication complète de l'utilisateur dans la méthodologie. CoMoMAS est conçu par la réutilisation et pour la réutilisation, c'est- à dire que ses modèles sont réutilisables et sont conçus en utilisant des bibliothèques existantes. En effet, elle constitue une extension de la méthodologie à base de connaissances CommonKADS (Schreiber, 1994) aux SMA. CommonKADS fournit une librairie structurée et flexible de modèles qui supportent CoMoMAS. Les modèles de CoMoMAS sont représentés dans la version étendue du langage CML (Conceptual Modeling Language). CML est un langage semi-formel qui permet de décrire les connaissances des agents.

5.6 La plateforme JADE

JADE (Java Agent DEvelopment Framework), apanage du CSELT (Centre Studi E Laboratori Telecomunicazioni) de l'université de Parma. Cet environnement de développement d'applications à base d'agents, JADE, est implémenté entièrement en Java**.**

JADE est conforme aux normes et spécifications de FIPA (Foundation For Intelligent Physical Agents) (FIPA, 2002), elle hérite de son architecture : protocoles, services et mécanismes de transport et de communication. JADE est compatible avec la plupart des configurations matérielles. Le seul système nécessaire pour son fonctionnement est la version de Java (JRE ou JDK)**.** L'agent JADE est implémenté en Java. Ce dernier est un système expert qui permet d'implémenter le raisonnement à base de règles. Les agents JADE communiquent à travers le langage ACL (Agent Communication Language) de FIPA (FIPA, 2002)**,** dans le cas où ces agents sont hétérogènes, ils coopèrent par négociation.

L'architecture de JADE est basée sur la coexistence de machines virtuelles JAVA et la communication dépendante du RMI (Remote Method Invocation) entre les machines virtuelles. A l'heure actuelle les concepteurs de JADE ont développée un workflow WADE qui s'appuie sur les

spécifications de la plateforme JADE et permet d'élaborer des processus organisationnels dans les organisations. La plateforme sera abordée plus en détail au chapitre IV.

Dans la suite nous présentons quelques applications SMAs orientées communauté. Certains d'entres elles sont développées en suivants les méthodes et modèles présentés précédemment. A l'issue de cette description une synthèse des apports de ces outils sera présentée.

6 Les SMAs organisationnels existants

Dans le domaine de la gestion des connaissances, l'approche multi-agents a déjà été mise en œuvre dans des applications comme CoMMa (Gandon et 2002). Cependant, dans le flot des propositions existantes, l'objectif a plus porté sur l'extraction des connaissances à partir des bases de documents et/ou des bases de données existantes (Dieng et al, 2001), sur l'identification des profils utilisateurs pour la recherche d'information, sur la diffusion ciblée des connaissances, sur l'évaluation des participations au sein des communautés et aussi sur la mise à disposition d'outil pour échanger et partager des artefacts.

Toutefois, chacune de ces propositions ne couvre qu'un domaine de la gestion des connaissances (connaissances explicites) et n'envisage pas aussi bien une approche des connaissances tacites échangées entre personnes appartenant à un groupe, ou la prise en compte de la composition de ce groupe. Généralement, le niveau d'abstraction reste insuffisant pour se défaire réellement de l'approche centralisée et pour mettre en avant les échanges entre agents autonomes.

Dans cette section, nous décrivons quelques applications de SMAs dans une perspective d'aide à leur développement et maturation. Nous avons classé les systèmes en quatre catégories basées sur les cinq catégories élaborées par Wenger (Wenger et al, 2005). Ces catégories ont été élaborées pour classer les outils les plus utilisés par les communautés dans le cadre de leurs activités quotidiennes. Les modèles de systèmes multi-agents sont ainsi utilisés pour supporter et étendre les fonctionnalités des utilisateurs humains, et plus encore comme contrepartie virtuelles des sociétés et des organisations réelles pour faciliter le processus de conception parce qu'il permet de réduire la distance conceptuelle entre le système et les applications qu'ils doivent modeler.

6.1 Systèmes au service des communautés

Dans ce groupe nous dénombrons les systèmes conçus pour servir les communautés. Ces outils aident à:

1. Identifier et à former les communautés (Hattori et al, 1999), (Lieberman et al, 1999), (De Roure et al, 2001), (Sumi et al, 2000 ; 2001 ; 2002), (Wang, 2002), (Yoshida, et al, 2000 ; 2003). Par exemple la plateforme SHINE développé par (Yoshida et al, 2000), elle est intéressante car elle offre des modules qui permettent de définir une base de connaissances personnelle (base de connaissances), d'un planificateur (réutilisable pour définir le système de planification des tâches de la communauté par le modérateur),
2. Indiquer la présence de membres d'une communauté (Gräther et al, 2001), (Ye et al, 2001).
3. Faciliter les activités d'une communauté (Gräther et al, 2001), (Lieberman, et al, 1999), à l'exemple de communityware Let's Browse, Let's Browse fait partie d'une tendance croissante au logiciel de la communityware qui améliore la formation, l'entretien et le fonctionnement des communautés numériques,
4. Disséminer la pratique de partage de connaissances (Roda et al, 2003), (Dignum, 2003), (Hammond, 2004),

a. Cette opération est possible à travers l'outil K-InCA (Roda et al, 2003), ce modèle opérationnel basé sur les aptitudes cognitives, les facteurs sociaux et culturels qui influent sur le comportement au cours de l'acquisition de connaissances. Ce modèle est mis en œuvre à travers un système nommé K-InCA (Knowledge Intelligent Conversational Agent) en utilisant les technologies agents. K-Inca recouvre deux types de systèmes: ceux qui soutiennent l'apprentissage et ceux qui soutiennent la communauté fondée sur les échanges de connaissances. K-Inca s'appuie sur l'idée d'offrir des conseils personnalisés à chaque agent utilisateur. Le système est composé de plusieurs agents accomplissant chacun un rôle différent, comme l'interaction avec l'utilisateur, le diagnostic de l'état de l'utilisateur, la mise en œuvre des stratégies pédagogiques, la présentation des outils,

b. le modèle OperA, qui décrit une société d'agents dans un processus de partage des connaissances (Dignum, 2003). Ce modèle s'approprie les différentes architectures d'agents et fournit une représentation flexible pour représenter les interactions et les rôles au sein du groupe. OperA propose trois modèles :

i. Un modèle organisationnel qui décrit la société d'agents sous forme de quatre structures: sociale, interactionnelle, normative et communicative,

ii. Un modèle social dans lequel les agents individuels sont désignés indépendamment de la société pour modéliser les objectifs et les capacités de chaque entité,

iii. Un modèle d'interaction qui décrit les interactions entre la population d'agents de la société, correspondant aux interactions des membres d'une CoPs.

c. La communauté de connaissances virtuelle développée par Hammond (Hammond, 2004) dont les travaux ont porté sur la modélisation agent d'une communauté de connaissance virtuelle pour faciliter la gestion des connaissances distribuées implanté sous JADE.

6.2 Systèmes pour la gestion des activités au sein des Communautés

Ces systèmes n'ont pas été développés pour répondre directement aux besoins des communautés. Mais ils peuvent aider leurs membres à accomplir leurs activités quotidiennes d'une façon plus efficace. Nous distinguons des outils qui peuvent:

1. Aider à l'élaboration des profils individuels (Maglio et al, 2001),
2. Servir à créer des profils personnalisés (Chen et al, 1998), (Godoy et al, 2004),
3. Naviguer sur le net (Keeble et al, 2000), (Sorensen et al, 2001)),
4. Découvrir et fusionner les connaissances (Chen et al , 2001), (Preece et al, 2000),
5. Découvrir, filtrer et récupérer les informations de sources variées et distribuées (Aldea et al, 2004), (Bordogna et al, 2004), (Budzik et al, 2001), (Chau et al, 2004), (Godoy et al, 2004), (Herrera-Viedma et al, 2004), (Ji et Salvendy , 2002), (Lee et al, 2003), (Pierre et al , 2000), (Shakshuki et al, 2003), (Shaw et al, 2002), (Singh et al, 2005), (Staab et al, 2000).

Par exemple nous citons AGORA développé par (Wang et al, 1999), a objectif le support aux activités dans un environnement Cooperative Software Engineering (CSE). Agora fournit des agents capables d'interagir aussi bien sur un espace de travail de groupe que sur un espace de travail privé. Certains systèmes à base d'agents sont créés par défaut pour gérer la plateforme Agora.

6.3 Systèmes pour faciliter la communication synchrone et asynchrone entre les membres d'une communauté.

Ces systèmes facilitent les communications et les interactions synchrones et asynchrones entre les membres d'une communauté. Nous distinguons dans ce groupe, des outils qui permettent de:

1. Indiquer une présence en ligne (Hattori et al, 1999), (Yoshida et al, 2000 ; 2003),
2. Organiser une réunion (Chun et al, 2003), (Lee et al, 2004), (Lemaître et al, 1998),
3. Promouvoir des réunions synchrones spontanées (Isbister et al, 2000), (Nakanishi, 2004), (Raybourn et al, 2003),
4. Fournir une aide intelligente pour des réunions,
5. Rediriger les messages électroniques sur les membres adéquats (Loia et al, 2004),
6. Analyser et classer les messages de listes de discussion (Hattori et al, 1999).

6.4 Systèmes comme outils d'aide aux membres d'une communauté.

Cette partie porte sur les systèmes qui aident les membres d'une communauté à consulter, sauvegarder et organiser l'information. L'information peut être stockée dans une base de connaissance, une mémoire organisationnelle ou dans l'Internet. Ici, nous dénombrons des outils qui peuvent :

1. gérer les « Favoris » de la communauté (Kanawati et al, 2002), (Koch et al, 2001),
2. recommander des documents (Gomez-Sanz et al, 2003), (Marsh et al, 1997),
3. aider à manipuler les pages web (Arranz et al, 2005), (Tashiro et al, 2004),
4. filtrer et récupérer l'information d'une façon collaborative (Chau et al, 2004), (Glance, 2001),
5. accéder à une mémoire organisationnelle (Ackermann et al, 1996).

6.5 Synthèse

En plus des plateformes multi-agents décrites précédemment, nous avons présenté divers systèmes qui s'appuient sur les plateformes de développement. Ces propositions sont pour la plupart des extensions connues orienté-objet et / ou de méthodologies d'ingénierie des connaissances. On s'aperçoit alors que ces applications viennent en réponse à un besoin spécifique de la communauté : gestion des profils ou gestion des connaissances échangées ou simple outil de communication etc…. Plusieurs de ces systèmes utilisent des profils pour fournir des services personnalisés, d'autres offrent des aides aux membres d'une communauté comme consulter, sauvegarder et organiser des informations ou connaissances. Certains d'entre eux disposent d'espaces pour stocker des documents, et de base de connaissances. En revanche chacun de ces sytèmes sert à réaliser une fonction précise des communautés.

L'inconvénient est que tous ces systèmes répondent à un besoin particulier des CoPs, pourtant notre travail vise en fait à proposer un modèle qui regroupe et coordonne l'ensemble des fonctionnalités et activités relatives au fonctionnement d'une CoPs. Nous verrons dans quelle mesure Les aspects du Workflow proposé par les développeurs de JADE vont nous être utiles.

Toutes ces propositions en termes de modèle se concentrent sur la conception - par opposition à l'analyse des besoins - et sont donc considérablement plus restreinte que Tropos (dans notre travail, nous empruntons à Tropos la définition du concept d'acteur). Nous retenons aussi MAS-CommonKADS pour le recueil de donnée à la modélisation des connaissances et la méthode GAIA de part son travail de modélisation, et son traitement des rôles.

Pour les plateformes nous retiendrons JADE. En effet, MaDKIT est une plateforme générique qui ne donne aucune spécification sur le comportement des agents, mais propose un modèle conceptuel d'organisation d'agents. Le défaut principal de MadKit, est que le développement des agents complexes exige beaucoup d'écriture de code, puisqu'il n'y a aucun modèle préétabli d'agent des agents, mais propose plutôt un modèle conceptuel d'organisation des agents.

Quant à la plateforme AgentBuilder, elle semble complexe, car son fonctionnement est difficile à appréhender. La technologie globale est trop peu décrite dans le guide d'AgentBuilder

AGR ne supporte pas la composition d'agents ou la notion de holon. En revanche l'approche organisationnelle qu'il adopte, permet de modéliser un système à différents niveaux d'abstraction, même si le méta-modèle AGR ne fournit pas explicitement les outils nécessaires pour la définition des contributions entre des organisations situées à des niveaux d'abstraction différents. AGR ne fournit pas de moyens pour modéliser l'environnement et identifier la limite entre le système et l'environnement.

7 Conclusion chapitre II

Nous retenons MAS-CommonKADS, GAIA, TROPOS et JADE :

Nous utiliserons le modèle de connaissances proposé par la méthode MAS-CommonKADS pour la représentation des connaissances de notre système.

GAIA quant à elle va servir une modélisation plus fine des rôles, à la modélisation des communications ainsi que des agents du système. Elle utilise une grande variété de techniques préexistantes provenant soit de la technologie objet, soit des méthodes à base de connaissances et ses modèles sont génériques.

Tropos sert à définir le concept d'acteur.

Quant à la plateforme JADE, elle est entièrement implémenté en JAVA, par ailleurs, elle possède une architecture très précise permettant la construction dite « normalisées » d'agents. La plate-forme multi-agents peut être distribuée sur chaque machine. Les configurations peuvent être modifiées au démarrage des agents en les déplaçant d'une machine à une autre, ce qui permet une très grande portabilité des agents. JADE permet la décomposition d'agents en plusieurs classes. Un agent peut engager des conversations simultanées et multiples, tout en poursuivant d'autres activités qui n'impliquent pas d'échanges de messages. JADE utilise l'abstraction *Comportement* pour modéliser les tâches qu'un agent peut exécuter et les agents instancient leurs comportements selon leurs besoins

et leurs capacités. La Plateforme est disponible en Open-source, aucune contrainte n’est imposée au développeur. D’où notre choix raisonné pour implanter le système à développer.

Deuxième Partie :

Proposition d'un modèle d'intermédiation à base d'agents et conception de JAIS sous JADE

Chapitre III : Proposition d'un modèle d'intermédiation pour les CoPs

1. Introduction

L'objectif de ce chapitre est de décrire l'organisation des interactions des agents du SMA lors de la résolution des problèmes dans les CoPs. Plus précisément nous introduisons le modèle de coopération du système JAIS (Jade Agent Intermédiation System), modèle au sein duquel les interactions des membres sont décrites. Cette description permet de montrer que ce mode d'organisation peut être un élément fédérateur pour les professionnels qui sont impliqués dans les processus de partage et d'échange de leurs savoirs et savoir-faire au cours de la réalisation d'un ou plusieurs projets.

A cet effet, nos travaux de recherche visent à apporter de l'aide à la gestion des activités collectives en s'inspirant de deux concepts clés que sont les CoPs et les systèmes multi-agents. L'objectif visé est de favoriser la mutualisation des expériences des membres de la CoPs. Sachant que cette mutualisation va aboutir à la construction de *« bonnes pratiques »* communes, à la mise en commun de compétences et à une meilleure définition des rôles de chacun. En outre, elle peut également servir de base de formation pour les novices qui peuvent ainsi se référer à l'expérience d'experts et à des pratiques éprouvées. En effet, la mutualisation tient compte des notions d'acquisition et de partage de connaissances et le résultat des actions fait émerger de nouvelles connaissances qui viennent enrichir la base de connaissances de la communauté.

Partant de ce point de vue, les échanges peuvent nécessiter aussi bien l'élaboration de protocoles de négociation et/ou d'interaction, que la mise en coordination des échanges à travers des processus au sein de JAIS pour essayer de dynamiser les activités de la communauté.

Dans cette perspective, nous proposons de concevoir un système d'intermédiation à base d'agents pour les CoPs destiné à la gestion collective des échanges des membres. Le concept de système d'intermédiation que nous souhaitons élaborer, correspond à une application « agentifiée » insérable dans un environnement partagé par les membres de la communauté. Ce système va participer pleinement aux divers processus d'échange et de partage dans la CoPs.

Dans notre travail, nous considérons que les agents coopèrent pour atteindre un objectif commun et/ou individuel. Le comportement des agents de la communauté est dépendant de l'ensemble des attitudes sociales (le partage de ressources et de répertoire commun). Dans un contexte organisationnel donné, les expériences et savoir-faire sont souvent échangés au sein des CoPs, qui prennent soin de les maintenir, de les étendre et de renseigner leurs connaissances sur certaines tâches. Une architecture du système de support au CoPs doit prendre en compte les différentes perspectives de ses membres (novices, experts, débutants), toutes les parties prenantes et la structure de l'organisation.

Les approches telles que la programmation orientée objet offrent des traitements nécessaires ainsi que les technologies d'objets distribués qui aident à assurer les échanges d'information entre entités distribuées. Par contre la mise en place de processus d'échanges, de partage de connaissances structurées et de gestion d'entités en interaction exige des mécanismes que la programmation orientée objet ne peut fournir.

L'approche que nous avons retenue pour implémenter le système d'aide aux activités de la CoPs repose sur la plateforme JADE. Nous posons comme hypothèse qu'une communauté de pratiques est définie par des objectifs qu'elle se fixe, par un ensemble de membres qui la compose , par des mécanismes d'attribution d'un ou plusieurs rôles, que ses membres communiquent à travers divers outils de communication, et pour se comprendre emploient un langage spécifique à leurs domaines d'activités. L'architecture à base d'agents nommée JADE Intermédiation Système (JAIS) pour les CoPs se compose de plusieurs modèles que nous définissons en nous appuyant sur un ensemble de méthodes et de modèles présentés dans le chapitre précédent.

Nous basons notre travail sur l'analyse effectuée au préalable pour construire les classes d'agents susceptibles d'accomplir certains rôles, de définir leurs comportements et le type de protocole d'interaction à mettre en œuvre lorsqu'une activité est déclenchée.

La problématique que nous proposons peut trouver un appui naturel pour sa mise en œuvre dans les développements actuels des technologies agents en matière de développement logiciel; technologies particulièrement pertinentes lorsque des critères comme la coopération entre entités distinctes ou encore l'intégration de logiciels existants sont à prendre en considération.

2. Motivation

Face aux problèmes de gestion d'énormes quantités d'informations, des solutions et des techniques sont recherchées pour contrôler la distribution optimale de ces informations.

De là, beaucoup d'organismes ont adoptés les techniques de gestion de connaissances qui se concentrent sur la construction de larges systèmes de gestion centralisées de la connaissance. Des supports sont alors fournis en matière d'outils pour faciliter l'accès et l'utilisation des connaissances par différents utilisateurs du système. Par contre, l'approche pratique et théorique pour la gestion des connaissances s'avère inadéquate pour le partage de connaissances car la centralisation et la standardisation de la connaissance enlève une grande partie de l'information contextuelle essentielle qui en soi est apportée avec la connaissance des différentes sources (Bonifacio et al, 2002).

En nous appuyant sur le cas du réseau CoPeR, nous voyons bien une volonté de disposer d'une CoPs pour permettre la mutualisation des connaissances et des savoirs-faires et le rapprochement des intervenants des différentes institutions de l'ISPJ. Cette mise en relation permet ainsi de palier aux problèmes tels que: la non existence d'une stratégie d'ensemble sur l'application du programme en ISPJ, l'absence de développement professionnel des enseignants, et un total manque de matériel pédagogique, leur seul lien de communication est le mail. A travers l'étude menée pour inciter les intervenants des différentes écoles à partager et communiquer sur leurs pratiques, on s'aperçoit qu'un certain dynamisme et une volonté de travail collectif se sont mis en place et que les intervenants en retirent bien des avantages. Compte tenu des avantages apportés par la mise en place d'une CoPs, nous souhaitons à partir des résultats obtenus et des différentes applications développées pour les CoPs proposer un outil d'aide susceptible de coordonner les spécificités que requiert le fonctionnement d'une CoPs.

Pour cela, les apports de la modélisation vont aider à définir les structures ou modèles utiles à la mise en place d'un tel support ainsi que les avantages des SMAs.

Donc, nous plaçons nos travaux dans une optique de génie logiciel, ainsi nous souhaitons proposer une « Agentification » d'une CoPs pour la réalisation d'un système d'intermédiation comme support aux activités collectives (collaboration). L'objectif suivi consiste en ce que notre modèle exploite les

dynamiques multi-agents, c'est à dire introduise une dimension organisationnelle, qui nous paraît être l'atout essentiel des SMAs (notamment les notions de travail collaboratif et de négociation). Le système à développer va se baser sur les technologies agents tout en respectant les contraintes imposées par l'environnement des CoPs. L'approche sociale conforte notre choix des agents, en ceci qu'elle avance que le comportement social des agents est vital pour modéliser l'ensemble des interactions qui interviennent au sein d'une organisation réelle (Lindemann et al, 2001).

2.1 Comment aborder la structure organisationnelle de la CoPs

La structure organisationnelle est considérée comme un moyen de gérer la dynamique complexe des sociétés (humaines). Cela implique que les approches de modélisation d'une CoPs doivent intégrer à la fois la structure et les aspects dynamiques d'une telle société. Le caractère distribué de la communauté s'adapte à une architecture distribuée comme celle des SMA, Davidsson (Davidsson, 2000) précise que c'est chaque société qui définit ses mécanismes de régulation et d'ordre social (normes et règles). Il mentionne aussi qu'un système d'aide aux communautés doit s'adapter à sa nature dynamique, en particulier, si ses membres changent leur façon de participer et préserve l'individualité des membres d'une communauté (Hattori et al. 1999).

L'approche que nous adoptons est de proposer une architecture composée d'agents cognitifs. Pour réaliser ce système nous nous appuyons sur un modèle de coopération basé sur le fonctionnement de la CoPs. A travers ce modèle nous définirons un modèle de communication pour rendre compte de la manière avec laquelle les membres échangent et partagent. Etant entendu que l'un des aspects important d'une CoPs est la création de connaissances sur la base des connaissances tacites échangées. Il est important pour nous de réfléchir sur la méthodologie à appliquer pour permettre aux membres de pouvoir, de façon intuitive et automatisée, gérer le flux de connaissances et d'informations échangées et partagées, capturer leur expertise (Fougères, 2003) au cours de leurs activités et enfin les matérialiser afin qu'elles soient accessibles et réutilisables à d'autres finalités.

2.2 Justification du choix de la technologie Agents

Grâce aux caractéristiques des agents (flexibilité, autonomie etc..), les SMA peuvent servir d'une plateforme de développement d'applications pour répondre aux besoins de communautés. Les CoPs peuvent être différentes les unes des autres (Wenger et al 2002). Dans ce cas, une application répondant aux besoins d'une communauté peut n'être pas si utile dans une autre. La flexibilité de la technologie est aussi nécessaire pour gérer l'évolution des besoins des communautés. Dans ce contexte, la flexibilité et la possibilité d'évoluer inhérentes aux SMA peuvent fournir un ensemble

d'outils capable d'évoluer avec les besoins de la communauté. Les activités des membres d'une communauté sont faites en parallèle avec d'autres activités. Comme nous le remarquons, le but de chaque société est de permettre à ses membres de cohabiter ou coexister dans des environnements partagés tout en poursuivant leurs objectifs en coopérant avec d'autres agents. Le constat que nous établissons est que les membres de la communauté ne disposent pas de beaucoup de temps à consacrer à la communauté et nous pensons que les SMA peuvent permettre de réduire la charge de travail d'un membre en lui offrant la possibilité d'automatiser certaines de ses activités.

Outre ces aspects, la notion de comportements (services) est essentielle chez les agents , ils peuvent être individuels et coopératifs ; et de l'ordre de: l'initialisation à la planification des actions en passant par l'émission et la réception de messages, la recherche de documents ou d'information et la supervision de procédures. Chacun de ces services correspond à la mise en œuvre de compétences d'un agent. Pour s'échanger des informations, des services ou dialoguer, les agents expriment leurs intentions dans le langage FIPA-ACL, dérivé de la théorie des actes de langage (Searle, 1972), (propose, call for proposal, inform, subscribe). Ces primitives de langages permettent de représenter le contexte, l'intention et le message de la communication. Enfin, notre choix d'utilisation des technologies agents est motivé par les observations suivantes :

- Le domaine des CoPs fait appel à une distribution inhérente des sources, des responsabilités et des capacités de résolutions de problèmes (applications de l'autonomie et de capacités sociales des agents).
- L'intégrité de la structure organisationnelle et l'autonomie des participants doivent être maintenues (utilisation de la nature autonome des agents).
- Les interactions dans l'environnement des CoPs sont assez compliqués si l'on inclut la négociation, le partage des informations et la coordination (ce qui requiert les compétences sociales complexes dont les agents sont dotés).

Donc l'apport des agents portera principalement sur:

- La prise en charge d'actions récurrentes (i.e. la délégation de tâches sans intérêt pour un membre),
- La prise de décision en tenant compte du contexte d'utilisation (la pertinence de l'intervention),
- La personnalisation de l'information basée sur le profil du membre (les préférences, les buts, les capacités de l'utilisateur etc.…),

- Une interactivité plus naturelle (les modalités et la présentation des informations à l'utilisateur),
- L'adéquation aux systèmes distribués et coopératifs (les interactions distribuées et personnalisées).

Afin de gérer les connaissances échangées entre membres d'une CoPs, les agents peuvent être introduits selon deux perspectives :

- La première consiste à les introduire de façon à ce qu'ils s'appliquent aux fonctionnalités du système (Dignum, 2003) ;
- La seconde consiste à les amener à utiliser l'environnement du modèle organisationnel au sein duquel un ensemble de connaissances est géré (Chen et al, 2000).

2.3 Proposition

En termes de proposition, nous souhaitons que toutes les fonctionnalités liées aux activités (partage, sauvegarde et organisation des connaissances, initialisation de la communauté, aide pour la création et l'évolution des profils personnalisés, de communication et interactions) des membres de la communauté, soient pris en compte dans le système à développer. L'objectif de ce support étant de renforcer la construction du capital social de la communauté et de favoriser l'émergence de connaissances. De plus, le système doit répondre aux exigences suivantes:

a) Le respect de l'autonomie des membres.

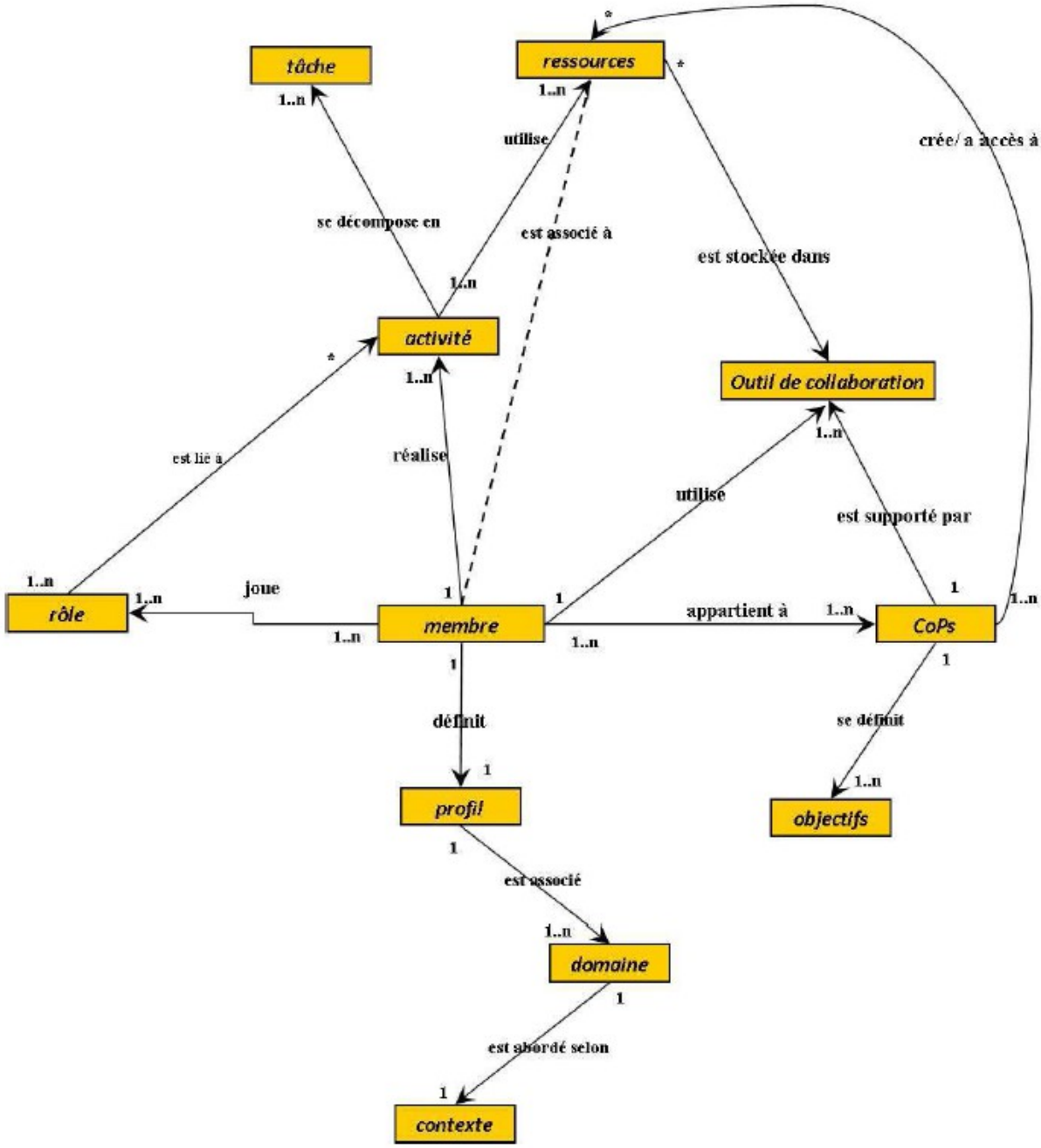
b) Une meilleure distribution des ressources.

c) L'utilisation des compétences et des capacités de chaque membre à intervenir sur les sujets à débattre ou pendant la résolution des problèmes (Bonifacio, 2002) auxquels ils sont confrontés.

Ces caractéristiques font appel à l'implémentation d'un système composé de multiples et distinctes entités. Pour supporter la collaboration des membres, le système doit être en mesure de : « *Stimuler le partage de connaissances dans un environnement dynamique et collaboratif tout en préservant l'autonomie des entités, à fournir un lien entre les actions individuelles et si possible avec la structure de l'organisation* ».

La figure suivante représente les interrelations existant entre les concepts définis dans la structure basique de la CoPs.

Figure 12: Concepts de la structure basique de CoPs



Nous observons que l'attention est de plus en plus portée aux connaissances tacites, aux formes de coopération existantes susceptibles de favoriser la capture de ces connaissances à la création et à l'émergence de nouvelles connaissances. Par conséquent, nous souhaitons définir une pratique à travers notre système qui coordonne aussi bien les aspects techniques, humains et organisationnels, à l'aide des apports méthodologiques offerts par le paradigme agents.

La démarche suivie a été dans un premier temps de dégager les fonctionnalités d'usage liées à ce concept, puis nous avons déduit les fonctionnalités techniques que nous mobiliserons dans ce chapitre pour proposer une démarche de modélisation de notre système.

Afin de pouvoir introduire les agents dans la structure de notre objet d'étude, il est important de savoir de quelle manière cela peut être possible. Pour cela, nous nous appuierons sur différentes méthodes pour identifier les notions et caractéristiques de notre modèle général.

Avant de passer à l'étape d'analyse, nous présentons une notion importante de notre travail de modélisation : **l'intermédiation.**

3. L'intermédiation

L'intermédiation a pris plusieurs facettes au cours du temps (Issue de l'économie), ainsi des auteurs comme Spulber (Spulber, 1999) distinguent quatre caractéristiques dont la troisième porte sur la capacité à favoriser les recherches et les échanges, et la quatrième qui garantit et assure le contrôle des échanges. Pour M.J. Avenier (Avenier, 1999), l'intermédiation est l'action qui consiste à « *introduire délibérément au sein d'un processus collectif un tiers destiné à faciliter le rapprochement des différents participants sur une question qui les concerne, en les aidant à expliciter leurs présupposés et à co-construire du sens à propos de cette question à partir d'éléments et d'éclairages apportés par chacun d'eux* »**.**

En s'inspirant des travaux d'E. Rigaud (Rigaud, 2003) qui portent sur une application des systèmes multi-agents aux organisations virtuelles (Meissonnier, 2000) pour la gestion de risques dans les PME, nous définirons donc notre outil d'intermédiation comme *« un système qui permet à l'ensemble des membres de la CoPs de créer des interactions, mêmes situés dans des lieux géographiquement dispersés. De favoriser la co-construction de sens, l'enrichissement de leur base de connaissances commune, l'amélioration de leurs compétences, le partage, l'échange et l'acquisition des connaissances. Pour cela le système doit être en mesure de proposer des mécanismes nécessaires à la gestion des contraintes que pourrait imposer le fonctionnement de la communauté. Ces contraintes peuvent être l'allocation des tâches, la gestion des profils, l'autorisation d'accès à la base de connaissances, le traitement des requêtes etc. ».* La modélisation du système d'intermédiation électronique dans les travaux de (Rigaud, 2003) nous guide dans la reproduction de certains processus permettant de soutenir l'intelligence humaine en construisant des agents intelligents d'intermédiation capables de réaliser des tâches de la CoPs. Pour ce faire, cet outil doit pouvoir favoriser l'implication des membres aux activités de la communauté , le partage, l'échange et l'émergence de connaissances, assister dans les processus de coopération et de coordination et enfin améliorer la communication.

3.1 Justification du choix du concept d'intermédiation

Notre choix d'appliquer le concept d'intermédiation aux CoPs est lié aux fonctionnalités de base qui les régissent.

Une communauté est un réseau collaboratif d'agents humains

L'accomplissement des activités coopératives de la communauté requiert la participation de ses membres. Cette participation peut être prise en charge par un **intermédiaire** (humain ou logiciel) au sein du réseau.

La mise en œuvre d'échanges d'informations et de connaissances sur les sujets portant sur leurs pratiques, sur leurs passions, ou bien les récits de leurs histoires passées, ne peut se faire que lorsque les participants n'ont pas le sentiment d'être dirigés par une instance supérieure. Par ailleurs , les interactions impliquent la coopération de plusieurs entités poursuivant d'une part leurs propres buts relatifs à la résolution des problèmes qu'ils rencontrent dans l'exécution et la réalisation de leurs tâches quotidiennes et d'autre part un but commun portant sur les objectifs fixés par la communauté.

La communauté de pratiques sert aussi de support à l'émergence, à la création et la capitalisation de nouvelles connaissances.

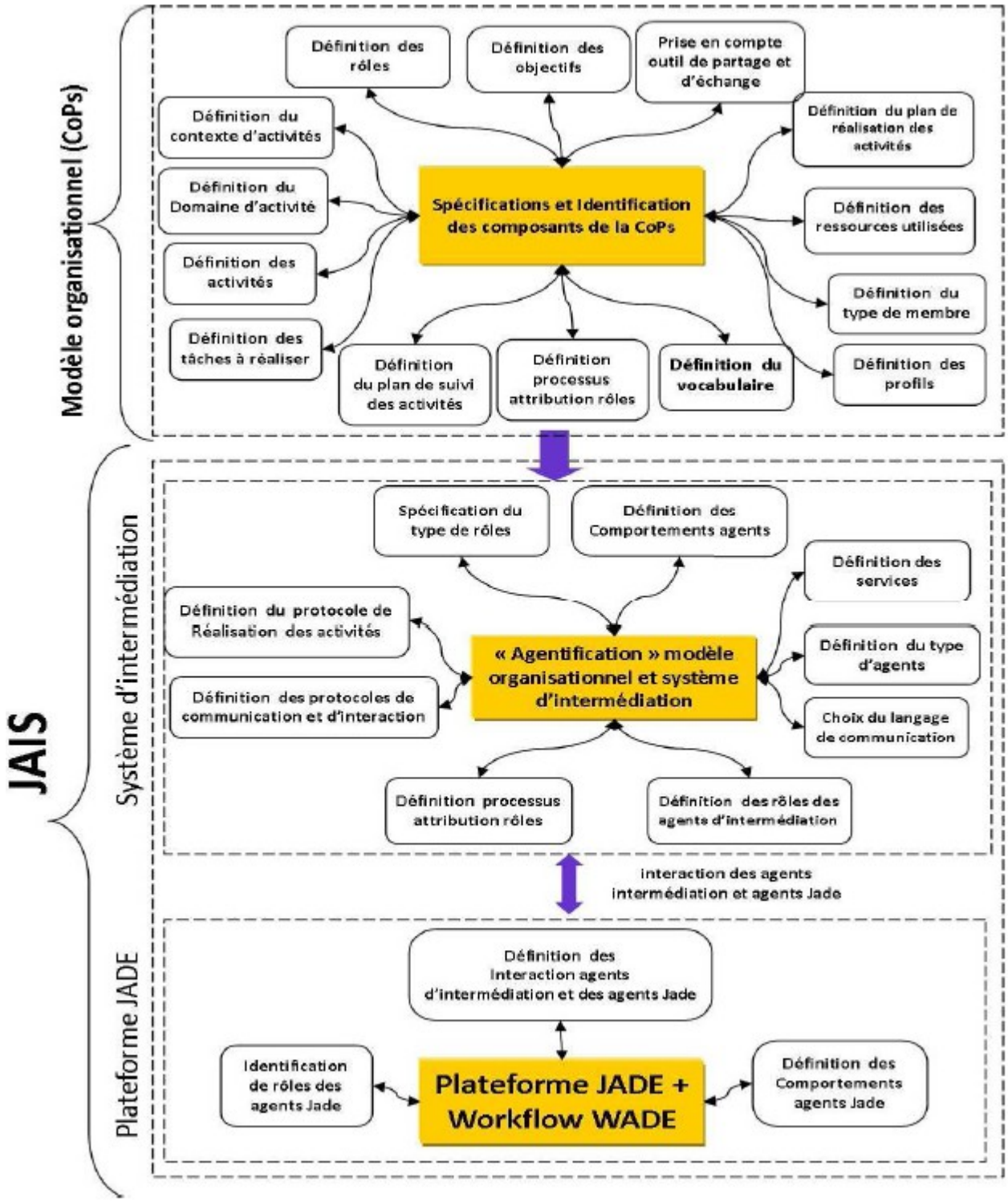
Donc le rôle de l'intermédiaire sera de jouer en quelque sorte le rôle de « médiateur » dans les processus d'émergence, de création et de capitalisation de nouvelles connaissances et en plus de cela de disposer de mécanismes susceptibles de retrouver et réutiliser les connaissances stockées. Dans la suite, nous décrivons la manière avec laquelle le concept sera appliqué à notre objet d'étude.

3.2 Analyse du système d'intermédiation

La mise en œuvre des activités consiste à développer et à mettre en relation les différents composants du système d'intermédiation. Les interactions entre les acteurs de la CoPs ont pour objectif de trouver des solutions aux problèmes auxquels ils sont confrontés par voie d'entraide, ce qui leur permet de construire progressivement une base de connaissances susceptible d'aider les nouveaux arrivants dans la communauté, et enfin d'être réutilisées dans des situations similaires. Nous avons montré dans les chapitres précédents l'intérêt des outils technologiques pour les CoPs, nous en déduisons que l'interaction entre les participants et le système d'intermédiation va se dérouler à travers les supports technologiques utilisés. Ces outils pourront servir d'interface d'interaction pour chaque utilisateur : à titre d'exemple les participants vont pouvoir interagir grâce aux services offerts par ces outils pour communiquer, partager et échanger des savoirs et savoir-faire grâce aux fonctionnalités offertes par le système d'intermédiation. Nous avons ainsi décidé d'utiliser une

approche agent pour aborder la conception et la programmation du système d'intermédiation. La mise en œuvre de cette approche nécessite une démarche « d'agentification », c'est à dire une analyse des fonctionnalités du système d'intermédiation à l'aide d'un modèle d'agent. La programmation du modèle obtenue a été effectuée à l'aide de la plate-forme JADE et les activités des agents vont être définies et réalisées grâce au Workflow agent Development Environment (WADE) (Bellefimine et al, 2008), plateforme développée par les concepteurs de JADE. Une illustration du modèle d'intermédiation est présentée dans la figure ci après.

Figure 13: Etapes conceptuelles du Système d'intermédiation.



Dans la partie ci-après, notre travail va consister à présenter les étapes de modélisation du système JAIS, ces étapes vont s'appuyer sur l'identification des enjeux et des besoins de notre système que nous avons élaborés à la fin du **chapitre I**. La suite du travail va porter essentiellement sur la démarche de modélisation et de conception du système JAIS. Par la suite, nous présenterons les

étapes de la phase d'analyse qui va s'appuyer sur les caractéristiques retenues dans la phase d'identification.

4. Démarche de conception de JAIS (Jade Agent Intermediation System).

Notre travail a recours aux avantages de l'Intelligence Artificielle Distribuée qui offre la possibilité de disposer d'une représentation dynamique des interactions des membres lors de la coopération. L'autonomie et le comportement proactif des agents constituant les SMA suggèrent que la conception de ces applications puisse être réalisée en imitant le comportement et la structure des organisations humaines, car l'une des missions principales des SMA est de supporter et/ou de contrôler des organisations du monde réel.

Très souvent, il est admis que les CoPs détiennent le potentiel pour surmonter les problèmes inhérents des hiérarchies traditionnelles, les capacités de prendre en charge les problèmes non structurés et le partage des connaissances à l'extérieur des frontières des structures traditionnelles. En plus de cela, elles fournissent une base de développement et de maintien d'une base de connaissances. En définitive il s'agit aussi de combiner les capacités de partage des CoPs avec l'approche de résolution des problèmes dans le processus de conception de notre système.

Plusieurs recherches se sont intéressées à la méthodologie d'analyse et de conception orientées agents. Chaque recherche a proposé des méthodes différentes, de ces recherches nous avons sélectionnés deux méthodes : la méthode MAS-CommonKADS qui intègre les méthodes de gestion des connaissances, elle propose plusieurs types de modèles dont le modèle d'agents, le modèle de tâches, le modèle de coordination, le modèle de connaissances et le modèle d'organisation ; et la méthode Gaia qui exploite l'abstraction organisationnelle pour fournir une méthode d'analyse et de conception de système complexe et ouvert. Cette méthode propose quatre modèles : le modèle d'organisation, le modèle d'environnement, le modèle de rôle, le modèle d'interaction, le modèle de règle organisationnelle. La méthode GAIA se base fortement sur le concept de rôle dans le système. Les deux méthodes permettent de modéliser les systèmes sur deux aspects :

- Un aspect de modélisation des composants dans le système : les agents, les rôles, les objectifs… qui pourront être modélisés à travers le modèle agent, de rôles,
- Et autre aspect concerne la modélisation des interactions entre les agents et le système. Une interaction concerne un protocole et des connaissances utiles pour son lancement. Ces

interactions sont décrites à travers le modèle de coordination / d'interaction et le modèle de communication.

Pour mettre en œuvre les processus de coopération et de collaboration élaborés dans les chapitres précédents, il est important que les objectifs suivants soient respectés (Beringer, 2002; Dignum, Dignum, 2004) :

- S'assurer que le système développé permet de stimuler de façon dynamique l'échange des connaissances pertinentes,
- S'assurer que les acteurs sont immergés dans un environnement collaboratif,
- S'assurer que l'autonomie individuelle des membres est préservée,
- Fournir des liens entre les actions individuelles et la structure de la communauté.

Ainsi, la définition du modèle organisationnel doit rendre compte des processus organisationnels ainsi que de la structure de l'organisation. Le système d'intermédiation va mettre en œuvre les processus organisationnels des systèmes technologiques et des membres de la communauté qu'ils soient dans le même environnement de travail ou bien géographiquement dispersés pour gérer la coopération dans leurs interactions.

4.1 Méthodes de construction de JAIS

Afin de développer notre système d'aide à une CoPs, nous avons au préalable identifié les exigences et objectifs des différents groupes concernés. La représentation des exigences de notre objet d'étude va nous conduire vers la spécification de ses processus organisationnels par une représentation par modèle. Pour mieux appréhender cette notion il est nécessaire à cette étape du travail de la présenter selon différentes approches. La première concerne l'approche du génie logiciel.

Dans l'approche génie logiciel, l'objectif est de décrire à différents niveaux d'abstraction et de détails (analyse, conception, réalisation) et selon différents points de vue (statique, dynamique, fonctionnel) une application à réaliser (Revault, 1996). Les modèles sont alors exprimés selon des formalismes ou langages de description, chacun étant adapté à un niveau d'abstraction et relatif à un point de vue spécifique. Dans ce mémoire, le terme *modèle* est utilisé pour faire référence à un résultat concret de la *représentation* d'une « certaine réalité » (réalité des CoPs) ou d'un « objet au sens large ». Un modèle est aussi considéré comme le résultat d'une *spécification*. Par exemple, on pourrait être amené à parler d'un modèle d'une procédure de gestion d'une activité ou d'un projet dans une communauté de pratiques. Il peut aussi être *« une abstraction qui permet de réduire la complexité en se focalisant sur certains aspects en fonction de certains buts, mais un modèle devrait*

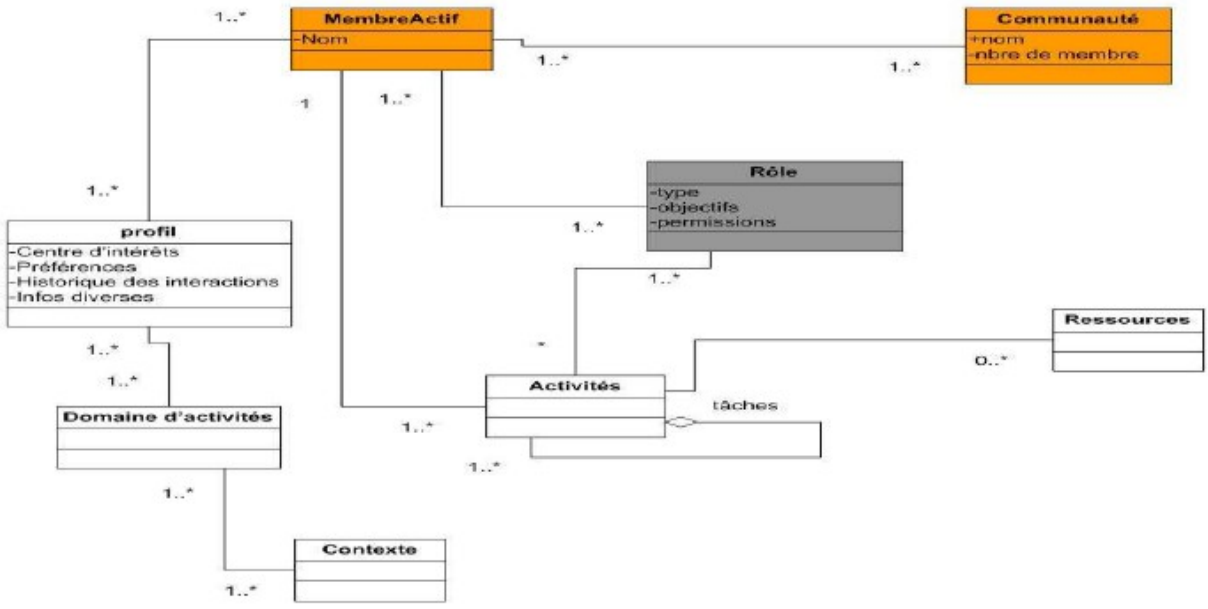
permettre de manipuler les objets et interpréter les résultats de la manipulation » (Aussenac, et al 2003). En effet, modéliser un système suppose alors qu'on dispose d'un ensemble de ressources que l'on cherche à représenter, par exemple un ou plusieurs domaines d'activités, à laquelle il faut donner une description stable et générale de ce domaine d'activité. Nous employons, dans le reste du document, le terme *modèle* dans son acception issue du génie logiciel.

La représentation de nos modèles va se faire au moyen du langage de modélisation UML, car il propose un ensemble de schémas utiles pour la représentation des composants du système. De ces schémas nous ne retiendrons que ceux qui interviendront dans la modélisation de notre système, notamment:

- Les cas d'utilisation qui aident à représenter les fonctions du système de coopération du point de vue des membres de la communauté,
- Les diagrammes de classes qui aideront à identifier et à décrire les éléments du cadre conceptuel que sont les CoPs,
- Et enfin, les diagrammes de séquences utiles pour la description du déroulement des évènements au sein du système.

Les modèles et les outils offerts par les systèmes multi-agents offrent un support conceptuel et technologique plus intéressant (dynamicité, flexibilité etc… des agents) aux approches classiques du génie logiciel. Une représentation par un diagramme de classes de la CoPs est donnée ci-dessous.

Figure 14: Diagramme de classes CoPs



Les éléments de base de notre modèle conceptuel sont le ***contexte*** (l'environnement au sein duquel la communauté est immergée), le ***domaine d'activité*** (sujets sur lesquels la communauté travaille), la ***communauté*** (processus organisationnel et structure organisationnelle) ,les ***ressources*** (éléments sur lesquels s'appuient le travail de la communauté), les ***tâches*** (sous-ensembles des activités à réaliser, une activité peut être décomposée en plusieurs sous tâches), le profil (base d'identification et d'échange dans la communauté) et le ***rôle*** (correspond à la place tenue par un participant dans la communauté par rapport à une activité). En plus de ces concepts, l'outil technologique est un composant important dans le déroulement des activités de la CoPs, car les membres utilisent divers outils pour réaliser une activité dans la communauté. En particulier, dans les CoPs où les activités sont pour la plupart distribuées donc peut mettre en jeu soit un collecticiel, soit un outil du Groupware.

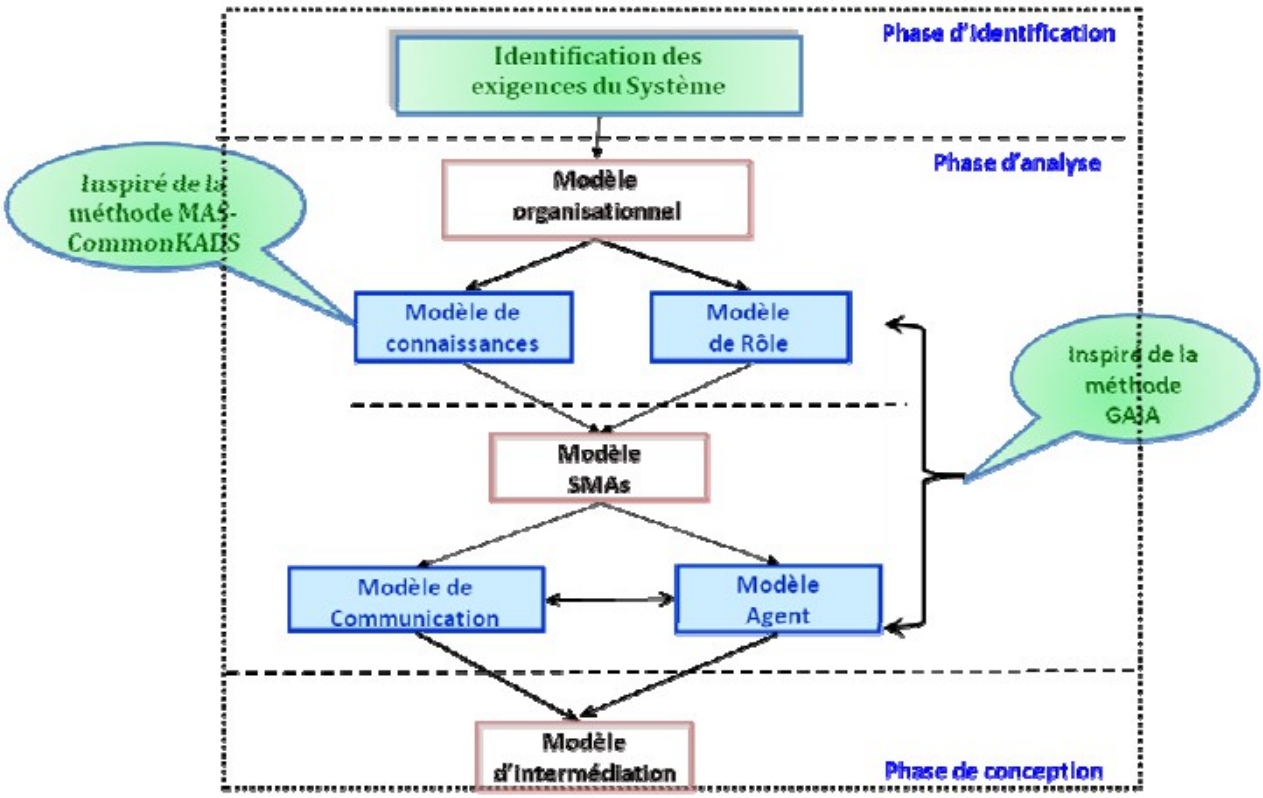
Dans ce qui suit, nous présentons la démarche de modélisation basée sur les étapes conceptuelles présentées précédemment (cf. Figure 2). A partir des spécifications identifiées au niveau du modèle organisationnel nous proposerons la modélisation des autres niveaux : le niveau système d'intermédiation ((Agentification modèle organisationnel + Système d'intermédiation)), le niveau implémentation (SMA + JADE + Workflow WADE) sera abordé dans les chapitres suivants.

4.2 Modèles du système JAIS

Notre but ici est de proposer une démarche de modélisation. Puisqu'il n'existe pas encore de méthode standard qui convienne à plusieurs applications différentes, nous ne suivrons pas de méthode concrète, donc nous sélectionnerons des modèles issus de différentes méthodes.

Notre approche du concept d'acteur est similaire à celle définie par la méthode Tropos, concept r, primordial à la vie d'une communauté de pratiques, la définition donnée permet de définir les relations qu'entretiennent nos acteurs au sein de la structure organisationnelle ; cette structure organisationnelle et la structure des activités seront intégrées au modèle de connaissances. Le modèle de rôle et de communication seront élaboré suivant la méthode GAIA. Le travail de modélisation se déroulera suivant trois phases comme nous le présente la figure ci-après :

Figure 15 : Les modèles du système JAIS



1. La **phase d'identification** qui a eu lieu dans le chapitre I,
2. La **phase d'analyse** qui sera élaboré dans le chapitre III et
3. Et la **phase de conception** qui sera développée dans le chapitre IV.

Dans la **phase d'analyse**, on définit le modèle de connaissances, le modèle de rôle, le modèle d'agent et le modèle de communication pour décrire les interrelations entre les différents concepts du système.

Quant à la **phase de conception** elle correspond au modèle d'intermédiation qui représente le système final. Dans la suite une spécification sera élaborée sur la base des différents points mentionnés.

4.3 Description d'une étude de cas

La communauté CoPeR (Communauté de Pratiques en Réseau), dans cette communauté les membres échangent à travers une plateforme d'échange Work2gether. Les membres communiquent à travers ce système grâce à un système d'identification qui leur est remis. Les contributions au sein de la communauté sont de plusieurs formes (dépôts de documents sous format numériques, ou échanges à travers les forums de discussion entre collègues sur des questions ou projets).

Au sein de cette plateforme des forums sont identifiés en fonction des thématiques, les activités des membres portent essentiellement sur la définition des projets et des activités visant l'amélioration de leurs compétences dans le domaine de l'insertion professionnelle. Les documents émanant des divers échanges sont stockés dans un répertoire dédie à cet effet.

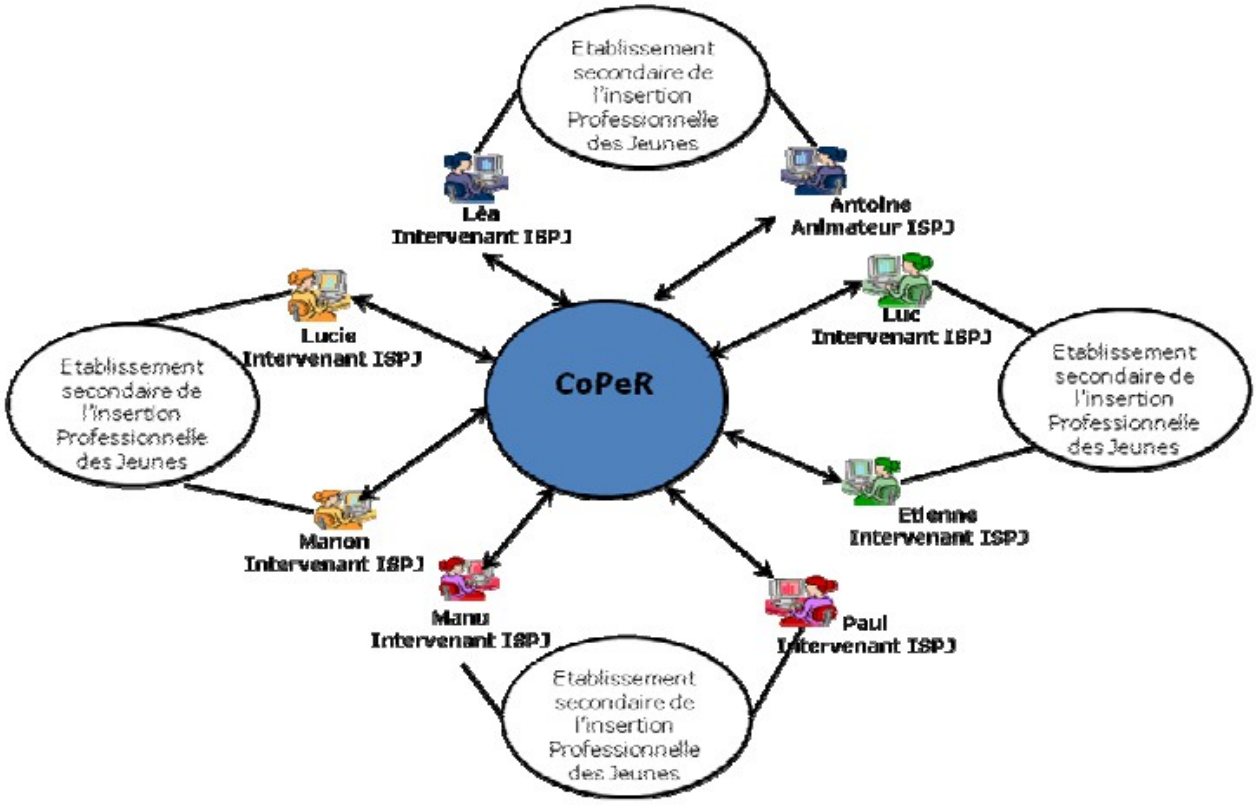
Nous souhaitons alors grâce à notre système pouvoir organiser les échanges entre les membres de cette communauté, c'est-à-dire concrètement classer les informations échangées en fonction des thématiques, disposer d'une base ressource, permettre une recherche par mot clé des informations dans la base, détecter dans les échanges le type de langage utilisé afin de les répertorier dans un espace dédié à cet effet, permettre à un utilisateur de contacter grâce aux informations stockées dans le profil un autre utilisateur lorsqu'il est fasse à une difficulté. De construire et de stocker des fiches de synthèse d'une ou de plusieurs activités réalisées, de permettre grâce à un identifiant de retrouver très facilement ces fiches dans la base ressource, de définir els conditions d'accès à la base, ou au système de manière générale.

Donc la solution proposée est un système qui offre :

- Une **interface utilisateur** : cette interface met en relation l'utilisateur et le système, ainsi l'utilisateur peut échanger des informations avec les autres utilisateurs ou bien rechercher des informations susceptibles de l'aider à résoudre un ensemble de problèmes auxquels il est confronté. En fonction des rôles définis dans le système, des activités telles que la définition des plans de suivis, des plans de réalisation peuvent être réalisées et stockées dans la base ressource. Les modalités d'attributions de rôles, les droits d'accès au système peuvent être aussi défini par le membre choisi pour modérer les activités de la communauté.
- Des **modules** : ces modules vont donner la possibilité à un utilisateur d'envoyer ses demandes, de les recevoir, d'analyser les demandes pour les sources correspondantes et en fonction des ressources dont il dispose, d'envoyer les requêtes vers les sources correspondantes, d'intégrer les ressources et de renvoyer les résultats aux utilisateurs. Certains modules vont aussi offrir la capacité de sélectionner automatiquement les informations lors des échanges entre utilisateurs et de les stocker dans la base ressource. En fonction des demandes des utilisateurs et des réponses reçues le système va de façon automatique mettre à jour la partie dynamique du profil de l'utilisateur en question. Le rôle du système dans le cas d'attribution des droits d'accès ne sera que de mettre à disposition les informations relatives à ce droit à l'utilisateur demandeur. En définitive le système vient ainsi aider les utilisateurs de la communauté dans la gestion de leurs interactions lors de la réalisation de leurs activités et projets.

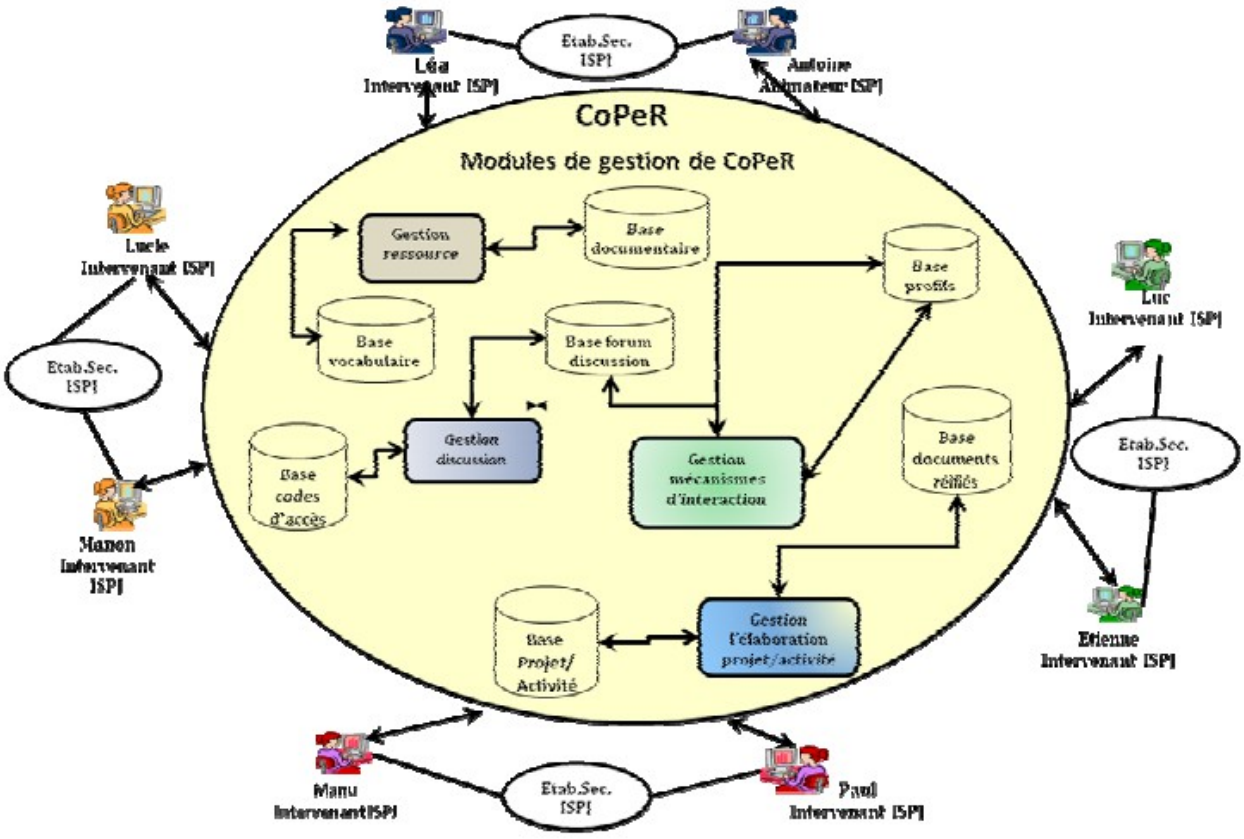
Nous donnons à travers l'exemple de la CoPeR, qui est une communauté rassemblant les intervenants de différents établissements secondaire de l'insertion professionnel.

Figure 16: la communauté CoPeR



Une illustration de comment sera abordé la modélisation de nos concepts et la mise en œuvre des fonctionnalités de notre système.

Figure 17: illustration de la communauté CoPeR et le Système d'intermédiation.



5. Modélisation de JAIS.

La démarche de modélisation de JAIS va s'appuyer sur les fonctionnalités techniques retenues au cours de l'identification des besoins en chapitre I. Ce travail de modélisation va se dérouler au cours de la phase d'analyse qui sera abordée dans ce chapitre. A titre de rappel nous donnons brièvement les éléments constitutifs qui ont été déduites de la phase d'identification.

5.1 Phase d'identification

Dans cette phase notre objectif a été d'identifier les exigences nécessaires à l'élaboration de notre système. Ce travail a permis d'élaborer plus finement les étapes conceptuelles présentées en figure 2. Cette figure montre dans les détails les composants du système et sera utilisé pour articuler les différents modèles à construire. La spécification du système va reposer sur le modèle conceptuel de la CoPs. Donc, dans la phase d'identification, les exigences relatives aux fonctionnalités de la CoPs ont été élaborées. Ces exigences nous conduisent à dire que pour qu'une communauté fonctionne intelligemment, elle doit :

1. Disposer d'un répertoire partagé,

2. Choisir le domaine d'activité de la communauté,
3. Définir les rôles des membres,
4. Définir les tâches associées à chaque rôle,
5. Définir un plan de réalisation d'une activité,
6. Définir un plan de suivi des activités,
7. Définir les modalités d'inscription dans la communauté (droit d'accès),
8. Définir les caractéristiques du profil, selon notre approche nous souhaitons définir le profil des membres selon deux catégories. La première catégorie comporte les *informations statiques* (données personnelles, centres d'intérêts etc…), la seconde catégorie porte sur les *informations dynamiques* (préférences, compétences, expériences, historique des conversations, informations diverses) qui évolueront au gré de la participation du membre dans la communauté,
9. Définir le processus d'attribution d'un rôle : sur la base de quel critère attribue-t-on un rôle à un membre,
10. Favoriser la recherche par mot clé. Pour permettre la recherche d'informations stockées utiles et pertinentes pour un membre, en rapport avec sa pratique, d'où la nécessité de définir un *vocabulaire de la communauté* (définition mot-clé en fonction du contexte et du domaine de la communauté). Ce vocabulaire est extrait du langage utilisé par la communauté (conversations, mails, vidéoconférence…),
11. Définir un espace de stockage des informations et des connaissances créées. Favoriser le stockage de toutes les informations produites par la communauté, que ce soit un résultat d'interactions entre pairs (réflexions, idées, outils…), ou un apport individuel (histoires vécues, document, lien Web intéressant…).

5.2 Phase d'analyse

La phase d'analyse permet de décrire les composants des différents modèles. Il s'agit ici de modéliser les spécifications retenues dans la phase d'identification, cette modélisation va porter sur les aspects basés :

- Sur la description du modèle de la communauté au niveau organisationnel, ***le modèle organisationnel*** qui décrit :
  - ***Le modèle de rôle*** qui identifie les rôles du système. Un rôle est défini comme une entité abstraite qui décrit des fonctions dans l'organisation et les buts liés à ces rôles,

- ***Le modèle de connaissances*** qui représente l'ensemble des connaissances permanentes du système. Ces connaissances seront extraites des différentes structures que ce sont :

La structure d'organisation qui comporte :

Le **contexte organisationnel,** le **profil des membres** de la CoPs, les **buts** de la communauté, les **membres** composant la communauté, le **domaine** des activités.

la **structure des activités** de la communauté qui comporte :

les activités, les activités coopératives, les messages, la base ressources, le protocole d'activités, etc.

- Sur *« l'Agentification »* des éléments du niveau organisationnel à travers la définition des ***modèles des SMAs*** qui sont :
  - ***Le modèle de communication*** qui définit les liens de communication entre les différents types d'agents sous forme de graphe. Ce modèle permet de spécifier au sein de sa structure un protocole d'interaction qui définit les relations de dépendance entre les différents rôles et permet d'identifier et de comprendre le déroulement des activités induites par la communauté et le modèle de profil,
  - ***Le modèle agent*** qui identifie et décrit les différents types d'agents, leurs caractéristiques et les relations qu'ils entretiennent entre eux et l'ensemble des agents du système.

La partie ci-après va porter sur la description des différents modèles utiles à la modélisation de notre système final. La première étape va porter sur le modèle organisationnel et ensuite le modèle SMAs.

5.2.1 Modèle organisationnel

Le modèle organisationnel représente le cadre général d'une communauté de pratiques. Pour la conception de notre modèle nous choisissons d'employer les cas d'utilisation, les diagrammes de classes et les diagrammes de séquences d'UML. Les cas d'utilisation nous permettent de représenter les fonctions du système d'interaction au sein de la communauté du point de vue des utilisateurs, quant aux diagrammes de classes ils permettent de décrire et d'identifier les éléments de la communauté.

5.2.1.1 Le modèle de connaissances

Le modèle de connaissances décrit les connaissances nécessaires aux agents pour exécuter les activités. Il permet en outre de définir le déroulement des activités au sein de la CoPs, de décrire les activités et les tâches ainsi que leurs répartitions, les entrées et sorties, les conditions préalables et les critères d'exécution. De manière générale, il sert à décrire les connaissances sur les membres impliqués dans la réalisation des activités ainsi que la gestion des connaissances générées en utilisant

un ensemble de ressources qui est stocké dans la base ressources. Donc le modèle de connaissances est composé de :

- La structure de l'organisation

Cette structure comporte :

- Un **Contexte organisationnel** (contexte de l'activité), qui correspond à l'environnement organisationnel dans lequel la communauté évolue. Ce dernier permet de cibler l'utilité et la fonction de l'outil et son adéquation par rapport aux besoins des utilisateurs. à titre d'exemple on peut citer les établissements de l'ISPJ (Insertion socio professionnelle des Jeunes), la santé (la médecine du cœur etc). la structure peut être composée de plusieurs domaines d'activités. C'est dans cette structure que le type d'utilisateurs est défini ainsi que son rôle, les buts, les ressources et le domaine d'activité.

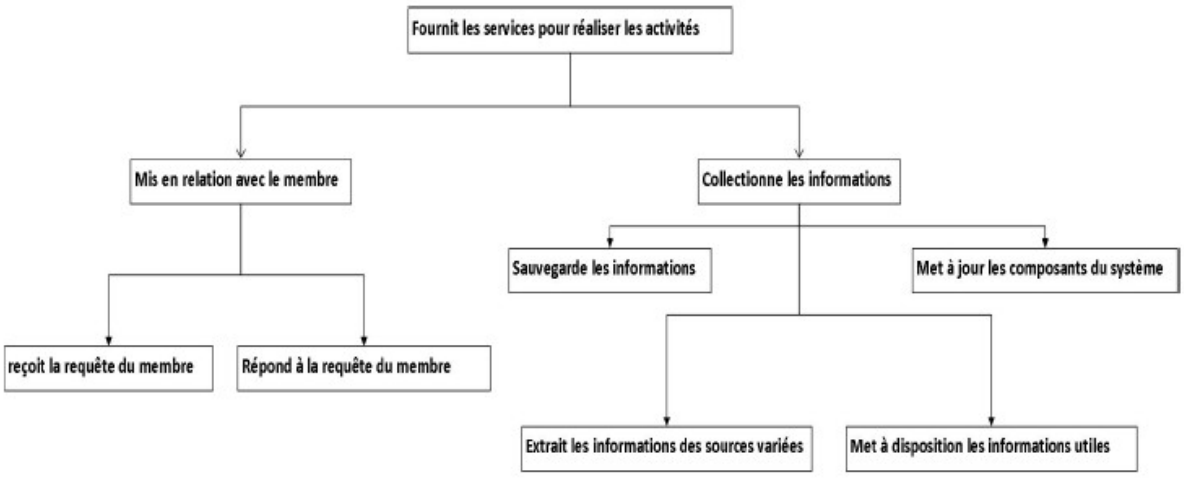
Cette structure s'appuie sur :

- **Le composant supportant le profil utilisateur** : Plusieurs travaux ont porté sur la définition du profil utilisateur, dont les plus significatifs pour notre objet d'étude sont ceux développés par (Zemirli et al. 2005) (Bouchard, 2006) (Kassab et al. 2005) (Tamine et al. 2006), (Bouzeghoub et al. 2005) (Kechid, 2006) (Tamine, 2006) en considérant les centres d'intérêts de l'utilisateur, les besoins d'information, ses préférences utiles pour la personnalisation de l'information pour les utilisateurs. Un profil se définit alors comme regroupant un ensemble de connaissances nécessaire à l'évaluation efficace des requêtes et à une production d'une information pertinente adaptée à chaque utilisateur. De manière générale on peut le définir comme un modèle personnalisé d'accès à l'information. S'appuyant sur la classification apportée par Amato (Amato & Straccia, 1999) et Bouzeghoub (Bouzeghoub & Kostadinov, 2003), une classification prenant en compte la personnalisation d'un profil est proposée, de cette classification nous retenons celle sur les données personnelles portant sur la partie statique du profil, elles sont relativement stables dans le temps et ne demandent pas de mise à jour automatique par le gestionnaire de profils, le centre d'intérêt exprime le domaine d'expertise de l'utilisateur, Il peut être défini par un ensemble de mots clés (concepts) ou un ensemble d'expressions logiques, et des informations diverses. Les **compétences** se définissent comme un ensemble de ressources fournies et acquises par un membreActif. C'est cette ressource qui permet à un membreActif d'accomplir certaines tâches réelles. L'historique des interactions de l'utilisateur contient ce qu'on appelle communément le 'feedback' de l'utilisateur et regroupe l'ensemble des informations collectées sur le

comportement de l'utilisateur (informations directement fournies par l'utilisateur (feedback explicite), récupérées ou dérivées à son insu (feedback implicite)), l'historique est ainsi analysé afin d'extraire le comportement du membre pour être ajouté à son profil ou bien pour la mise à jour du contenu du profil. La définition du profil utilisateur est un élément important dans notre système car grâce à elle, il est plus facile d'affecter une tâche à un membre en toute connaissance de cause. Nous souhaitons que cette fonction soit définie de manière semi-automatique, en entrée chaque membre de la communauté doit saisir de façon manuelle les informations statiques de son profil et par la suite les traces de l'activité du membre seront automatiquement stockées dans la catégorie informations dynamiques. L'actualisation du profil devra être prise en charge par l'intermédiaire d'un agent.

- Les **buts** (missions ou objectifs) permettent de modéliser au sein du système les missions et les objectifs d'une communauté. L'objectif ici est de pouvoir donner au système la capacité d'offrir un ensemble de services susceptibles d'apporter des réponses aux missions définies par une communauté. Donc il est question à travers cette structure de déterminer les buts du système et les relations entre ces buts. Le système doit être capable de mettre à disposition les services demandés par un utilisateur (demander une information, disposer d'une interface pour recevoir les demandes d'un utilisateur ou renvoyer le résultat de l'information demandée), avoir la capacité d'extraire les informations nécessaires et sauvegarder les informations susceptibles d'aider un ou plusieurs utilisateurs. En se basant sur cette description la structure des buts peut se représenter comme suit :

Figure 18 : exemple de structure des buts du système



Outre ces buts, la communauté pour fonctionner est composée d'un ensemble

- De **membres**. Les membres peuvent être définis comme ayant des objectifs **stratégiques et intentionnels**. Un membre peut être un agent physique (par exemple, une personne…), ou un agent logiciel défini par un rôle ou ses compétences. Un rôle dans une CoPs est une caractérisation du comportement d'un acteur ou membre. Un agent peut occuper un rôle, en plus de cela il peut être spécialisé dans un domaine d'activité. la notion d'acteur peut être vue comme une généralisation de la notion d'agent logiciel. La participation des membres de la communauté aux activités se déroule par envoi de messages dans un format défini. Ces échanges concourent à la réalisation des activités et par des membres dont on a attribué un rôle qui correspond à ce que TROPOS définit comme « position ». la réalisation des activités dépend des ressources mis à disposition (ressources Web, documentaires, synthèses, document envoyés etc..) et des compétences. A titre d'exemple, les membreActifs peuvent être classés par métier ou spécialités, ils représentent les acteurs au sens UML, comme décrit dans un diagramme de cas d'utilisation. Le rendu de leurs activités est stocké dans la base synthèse. Dans le cas de la communauté CoPeR on rencontre deux types de membres les intervenants des différents établissements d'insertion, et une animatrice qui gère les activités de la communauté, propose des thématiques et met à disposition un ensemble de ressources aux membres de la communauté.
- Du **composant domaine d'activités**, il fait référence aux thématiques liées à l'environnement dans lequel la communauté est plongée, en exemple en médecine nous avons la médecine du cœur (cas de la CoPs des infirmières en santé du cœur au Québec). Cette structure permet aussi d'identifier les concepts du domaine d'application.
- **La structure de l'activité**

Elle se compose de protocole d'activités (comment l'activité est décomposée, quel type de connaissances ou de compétences est nécessaire à la réalisation de l'activité), de messages, de la base ressources utiles aux fonctionnements de la communauté. Cette structure se définit plus en détail comme suit :

- **–** Du **composant protocole d'activités** : il définit les **procédures** (étapes) par lesquelles les activités doivent être exécutées et réalisées par les membres de la communauté. Quels rôles (normalement liés à ses compétences, mais aussi le cas échéant à des préaffectations préférentielles dans le système) chaque agent peut tenir dans divers scénarios, et les relations entre les divers rôles ; c'est-à-dire une certaine pré-organisation sociale souple de la communauté ; les méthodes pour parvenir à un accord entre agents sur leurs **buts**, **plans méthodes et** les **types de conversations** (échangées lors de l'exécution d'une ou de plusieurs

activités ou tâches coopératives.) nécessaires à cette fin. Dans quelles conditions un agent peut s'engager à traiter quels types de problèmes ; dans quelles conditions il peut réévaluer et/ou abandonner ses engagements, quelles actions corrélatives à cet abandon il doit avoir pour garantir la cohérence du système (actions d'information d'autres agents, par exemple) ; plus généralement, quelles initiatives il peut prendre, et dans quelles conditions.

- **–** Du composant **base d'activité** qui comprend :
  - Des **activités**, qui se décrivent par

    Les entrées requises

    Les sorties désirées

    Les ressources qu'elles utilisent, les compétences et connaissances qu'elles requièrent pour être exécutée et celles qu'elles génèrent. En somme elles représentent ce qui doit être fait au sein de la communauté, quel type de compétences doit être mobilisé, et l'ordre de priorité par lequel elles doivent être résolues, elles peuvent se composer de plusieurs types de tâches que la communauté peut et doit effectuer au sein de ces structures, les conditions requises pour définir une activité ou décrire une tâche.
  - Les **tâches**, qui héritent des méthodes de réalisation des activités définies précédemment.
  - Des **activités coopératives** : la description d'une activité coopérative est indépendante des entités qui la réalisent. Elles représentent les actions concrètes qui sont menées dans la communauté, c'est-à-dire les activités effectivement réalisées par les membres. Ces activités coopératives concernent les actions réalisées au sein de la communauté, ces actions comportent plusieurs tâches exécutées par un ou plusieurs membresActifs de la communauté. Les objectifs d'une CoPs correspondent aux activités réelles dont découlent plusieurs types de tâches coopératives.
  - Des **tâches coopératives**, qui héritent des méthodes de réalisation des activités coopératives, elles représentent les tâches que réalisent les membres de la CoPs, la résolution de ses tâches contribue aux ressources de la communauté.
  - Des **procédures d'élaboration** d'activité coopérative, cette procédure peut être de la forme :

    Création d'une activité coopérative,

    Décomposition de l'activité en plusieurs tâches réelles,

Modification d'une activité coopérative,

Suppression d'une activité coopérative,

Modification d'un protocole d'activité coopérative,

Suppression du protocole de l'activité coopérative en question,

Sauvegarde de protocole en question.

Une **activité** peut être réalisée selon une méthode et en fonction d'un protocole:

i. une **méthode** représente la manière dont la tâche ou l'activité a été résolue, un protocole est utilisé pour résoudre une méthode,

ii. un même **protocole** peut servir à résoudre plusieurs méthodes et plusieurs protocoles peuvent servir à résoudre une même méthode.

b. De **processus d'acquisition** de connaissances, cette activité d'acquisition se déroule au cours de la réalisation d'une activité coopérative, elle peut comporter plusieurs procédures, une des procédures peut être l'élaboration d'une activité coopérative.

- Du composant **Base Ressources** : ce composant regroupe l'ensemble des ressources documentaires, des connaissances échangées et utilisées, les mails, les synthèses collectives et autres informations susceptibles d'aider lors de la résolution d'un problème dans la communauté. La base ressources comporte :

a. Des **ressources documentaires**: correspondent soit à une ou plusieurs ressource(s) détenue(s) par un membreActif, c'est elles qui lui permettent de participer à une activité ou à une tâche réelles, le membre qui détient une ressource peut la mettre à disposition au sein de la communauté ; ou elles peuvent représenter l'ensemble des résultats issus de la résolution des activités ou tâches réelles. Elle est utilisée pour réaliser une activité coopérative. L'agent qui détient cette ressource peut aussi la mettre à disposition au sein de la communauté. Un **espace dédié** lui est réservé pour répertorier tous les documents utilisés ou susceptibles d'aider les membres de la communauté au cours de la résolution de leurs tâches,

b. Des **synthèses collectives**: représentent le rendu d'une ou de plusieurs activités réelles. On peut les stocker dans un espace dédié aux synthèses collective,

c. Des **ressources** : Ces ressources peuvent être les outils informatiques dont dispose la communauté pour fonctionner, les connaissances et aptitudes des utilisateurs et enfin les connaissances clés manipulées tout au long du processus de réalisation des activités et qui par la suite seront stockées dans la base de connaissance (modélisation des connaissances du système).

d. Un espace **Autres** qui comporte :

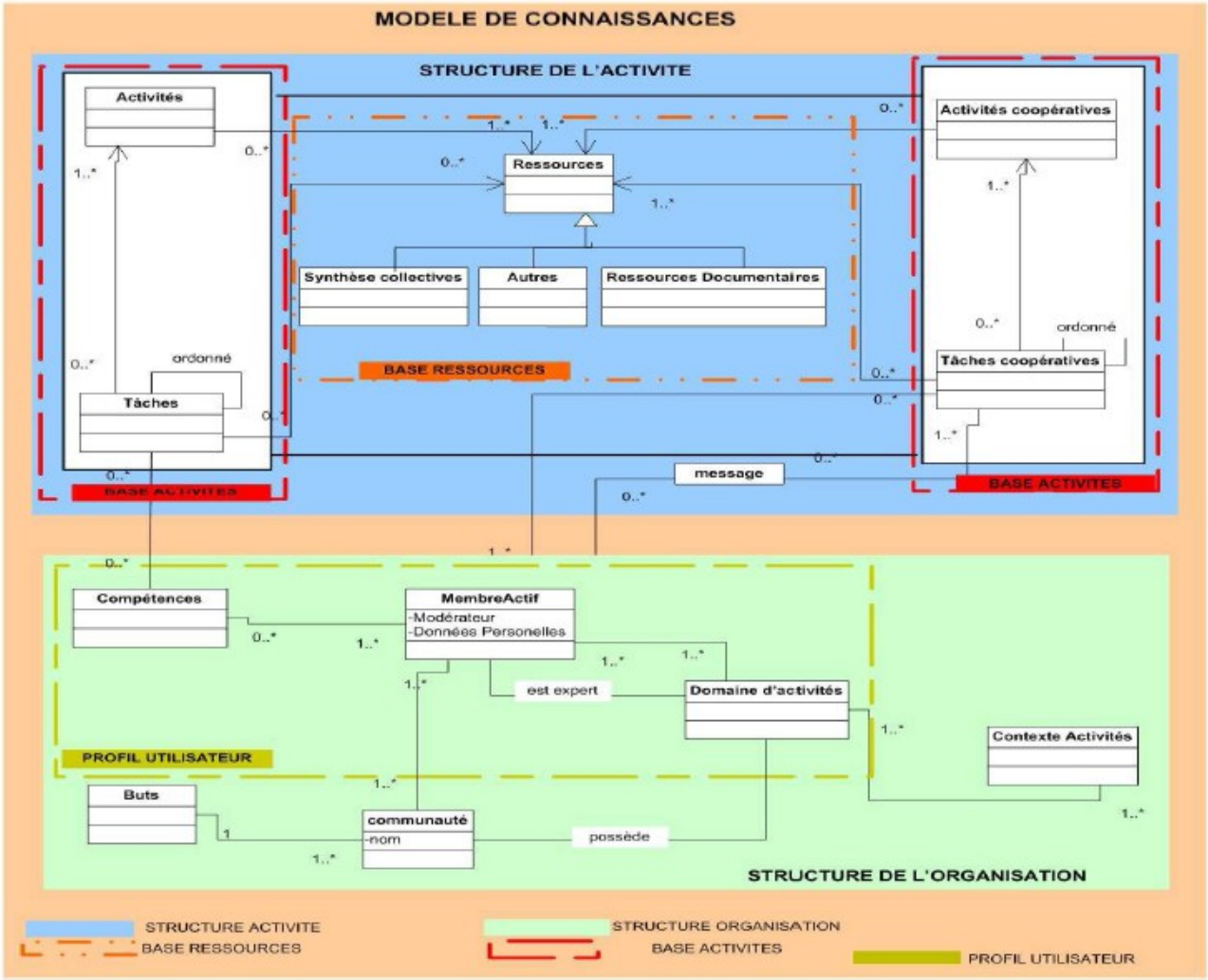
i. Un **espace de stockage** des messages échangés (mail) entre les membres de la communauté,

ii. Un **espace dédié au stockage du vocabulaire** utilisé par la communauté qui permet de décrire la communauté, ces membres, les profils de chaque membre, ainsi que l'ensemble des outils utilisés par les membres pour collaborer,

iii. Un **espace dédié pour décrire** les problèmes rencontrés par les membres de la CoPs.

Le diagramme de classes ci-dessous représente le modèle de connaissances composé de la structure de l'organisation et de la structure de l'activité. Ce modèle permet de définir aussi bien l'ensemble des connaissances échangées, créées, partagés, répertoriées dans notre système que les interactions entre ces structures.

Figure 19 : Le modèle de connaissances

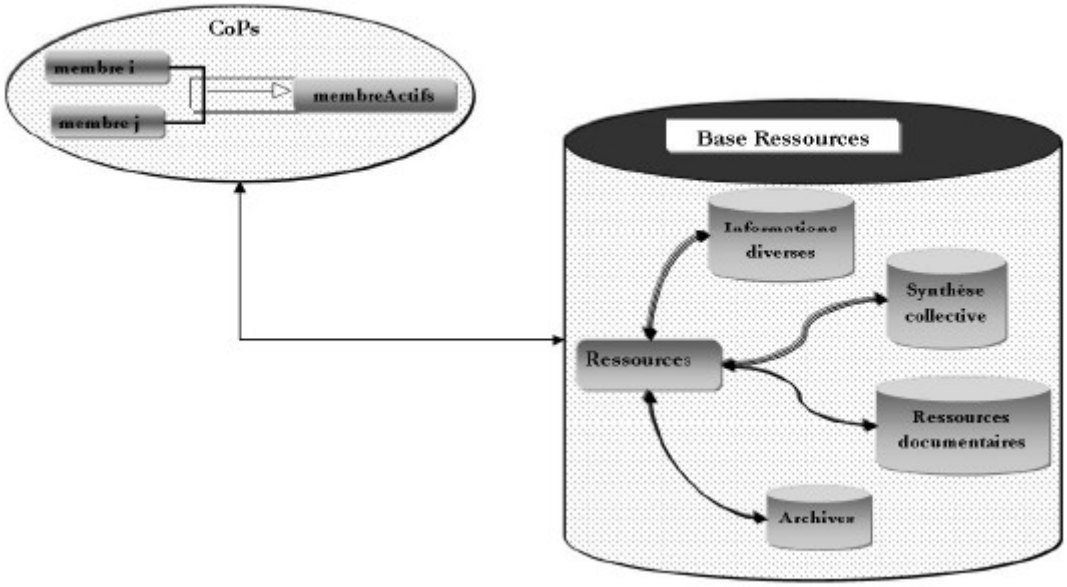


Ce modèle permet le partage, l'échange, la recherche des connaissances. Pour cela afin de sauvegarder les connaissances issues de ce processus, cette base de connaissances développée dans

ce modèle va contenir les concepts, les mots clés, les documents de synthèses partagés par les intervenants, les ressources documentaires. C'est elle qui facilitera la communication des connaissances entre membres. Elle sera gérée par un agent que nous définirons dans la suite de notre travail.

En guise d'illustration nous donnons l'exemple suivant issu de la communauté des documentalistes (Robial, 2006). A partir des discussions et confrontations des membres de la communauté un document est produit et sauvegardé dans la base synthèse collective, ce dossier de synthèse émane d'une comparaison individuelle des productions de chaque membre de la communauté, ensuite des points de vues sont discutées et à la suite de ces discussions un document est constitué et rédigé, à la fin de ce document est stocké dans la base synthèse collective.

Figure 20: Illustration de la relation entre les membres de la communauté et la base de connaissances.



5.2.1.2 Le modèle de rôle

Un rôle se définit comme une représentation abstraite, d'un service, ou d'une fonction outre cela il peut spécifier une caractérisation d'un comportement d'un acteur dans un contexte donné. Le rôle décrit une structure organisationnelle en lien avec le type d'activité (Gasser, 2001). Dans notre cas nous définissons un rôle comme étant une fonction qu'occupe un agent (logiciel ou humain) à un instant donné au sein de la communauté. Par exemple un utilisateur peut être modérateur dans une communauté et dans une autre être un simple membre. Un ensemble de rôle peut être joué soit par

un agent dans un système ou un groupe d'agent, par exemple un informaticien peut occuper plusieurs rôle : Développeur, Manager de Projet, Analyste etc.

Dans un modèle de rôle la description d'un rôle permet de définir ou d'identifier les activités ou tâches nécessaires à la réalisation des objectifs d'une communauté. Un rôle est toujours local à son environnement et repose sur une liste de tâches.

- **Les types de rôles :**

Dans notre système plusieurs rôles peuvent être identifiés :

1) Les rôles dans la communauté, ces rôles correspondent à ceux qui sont définit lors de la mise en œuvre d'une CoPs,

2) et les rôles dans le système d'intermédiation. Sont ceux définit dans JAIS et la plateforme qui va héberger le système.

A chaque rôle est attribué un ensemble d'activités ou de tâches qui doivent être réalisées par le membre qui va jouer ce rôle. La réalisation de ces activités est guidée par les objectifs définis par le modérateur de la communauté et un ensemble de ressources mise à disposition.

A un rôle on peut définir un ensemble de droits (droit d'accès à la base de connaissances de la CoPs pour soit rechercher l'information désirée ou déposer une ressource). Par ce procédé ce membre signe un contrat social avec l'ensemble des membres de la communauté et donc avec les agents, ceci suppose que des procédures ont été mises en place pour gérer l'accès à toute forme d'utilisation ou d'action dans le système.

Outre la définition que nous donnons d'un rôle, nous rajoutons qu'un rôle peut être défini comme étant un ensemble de comportement qu'un agent peut avoir dans une communauté. Ces comportements induisent un ensemble d'actions qu'un agent pose pour réaliser sa ou ses tâches. En plus de cela, un agent est doté d'une capacité à gérer un ensemble d'évènements issus de ces actions. Les interactions entre les agents peuvent alors être représentées par un couple (action, évènements).

Les contrats sociaux qui se créent entre les membres de la CoPs lors de la résolution d'une activité représentent des formes d'engagements pris entre les membres de la communauté. Ces engagements spécifient une sorte de coordination entre agent (agent humain dans le cas de la CoPs) et un rôle. De façon générique un contrat est un état de fait qui régule les comportements entre les participants d'une organisation et l'organisation elle-même (dans notre cas la communauté de pratiques). L'utilisation des contrats permet ainsi une flexibilité entre les objectifs d'une communauté et les désirs d'un agent et d'un autre côté la vérification des résultats d'un système. En outre un contrat social décrit un ensemble de conditions et de règles qu'un agent doit appliquer lorsqu'il prend en

charge un rôle dans l'organisation. Un contrat social spécifie les activités d'un agent comme acteur jouant un rôle dans une société, et inclut les aspects tels que la spécification des rôles, la spécification des accords et les conditions faisant partir du rôle, ainsi que les sanctions s'y référant si les normes ne sont pas respectées. La structure sociale elle, permet de définir les contrats sociaux pris par un groupe ou un membre de la communauté vis-à-vis du collectif, ainsi le rôle joué par un agent se voit fixé dans cette forme de contrat, que nous pouvons définir par rapport à notre étude de cas comme étant l'engagement mutuel que s'accordent les membres d'un groupe ou d'une communauté lorsqu'il décide de partage, d'échanger des connaissances ou des expertises sur des sujets divers. Sachant que ce sont ces engagements qui guident les activités de la communauté.

Donc nous dirons que notre modèle de rôle va identifier, définir et regrouper les rôles clefs de notre système; nous caractérisons les rôles de notre système par deux types d'attributs comme le défini la méthode GAIA (Wooldridge et al 2000) :

- Les ***permissions*** qui représentent les droits associés au rôle et relatifs au type et au nombre de ressources qu'il peut exploiter pour atteindre ses objectifs. Dans ce cas nous devons identifier les ressources légitimes utilisables et la manière (lecture/ écriture) avec laquelle on accède à ces ressources. Ces ressources représentent généralement les informations et les connaissances de l'agent.
  - les permissions : mets à jour des profils ; attribution des accès ; définition des noms de rôles ; définition des modes d'accès (lecture/ écriture).
- Les ***responsabilités*** quant à elles représentent les buts, les objectifs d'un rôle définis par diverses fonctionnalités. Une responsabilité correspond à un ensemble d'activités et de protocoles.
  - Les activités représentent une méthode, une procédure, une action que l'agent doit réaliser pour atteindre tout ou partie de ses objectifs
  - Les protocoles sont l'ensemble des activités dans lesquelles interviennent des interactions avec d'autres agents.

les responsabilités : définit la liste des activités ; définit la liste des protocoles

Un Rôle est une fonction ou une responsabilité qu'on assigne à un agent pour l'exécution d'une tâche ou d'une activité coopérative. Un rôle peut être spécifique à une activité ou à un agent selon le type de communauté. Un agent a pour rôle de prendre une action au nom des autres. Dans le domaine de l'intelligence artificielle ce terme est utilisé pour désigner une entité qui fonctionne de manière autonome dans un environnement et fournit des services à son propriétaire. Cet agent est autonome

dans le sens où ses activités n'ont pas besoin de l'intervention humaine. L'un des objectifs de l'agent est de prendre des décisions appropriées ou inattendues, de planifier leur action à l'avance et de résoudre les problèmes de façon autonome. Nous avons identifié deux grands groupes de rôles :

- ***Le Rôle Organisationnel*** qui représente l'ensemble des rôles au sein de la structure organisationnelle.
- ***Le Rôle d'Intermédiation*** qui traduit certains rôles du modèle organisationnel : niveau du système d'intermédiation.

5.2.1.2.1 Le rôle organisationnel

- Le **rôle membreActif** concerne les membres de la communauté de pratiques, il peut être modérateur, Expert dans le cas où il appartient à la communauté ou Utilisateur.
  - Rôle : Modérateur

Description *:* Agit en tant que modérateur de la communauté

Protocoles et activités : créé les activités de la communauté {CREATE_ACTIVITY}, délègue les activités {DELEGATE_ACTIVITY}, coordonne les activités de la communauté {COORDINATE_ACTIVITY}, crée des profils {CREATE_PROFILE}

Permissions : a le droit de lire, d'écrire dans la base ressource, met à jour la liste des membres, contrôle les accès à la base ressource

Responsabilités :

Collecte les informations de diverses sources variées et les met à disposition au sein de la communauté

Fixe les objectifs de la communauté

Spécifie les protocoles d'activités

Coordonne la résolution des activités réelles dans la communauté

Suit la dynamique de la communauté à travers les diverses contributions de ses membres

Coordonné le suivi de la réalisation des tâches et activités réelles, ainsi que l'intégration des connaissances dans la base de données de la communauté.

Fixe les thèmes de discussion et défini un scénario de collaboration entre membres.

Il gère la liste des membres du système.

  - Rôle : Expert

Description : agit au sein de la communauté comme détenant une ou plusieurs expertises dans divers domaines.

Protocole et activités : reçoit les requête utilisateur {USER_REQUEST} et du modérateur {MODERATOR_REQUEST}.

Permissions : droit de créer et de stocker des informations dans la base ressource

Responsabilité : intervient en tant qu'expert de domaine auprès des membres de la CoPs ;

- Rôle : Invité

Permissions : Intervient auprès de la communauté de façon temporaire

Protocole et activités : envoie des requêtes au modérateur {SEND_REQUEST_MODERATOR}, SEARCH_INFO,

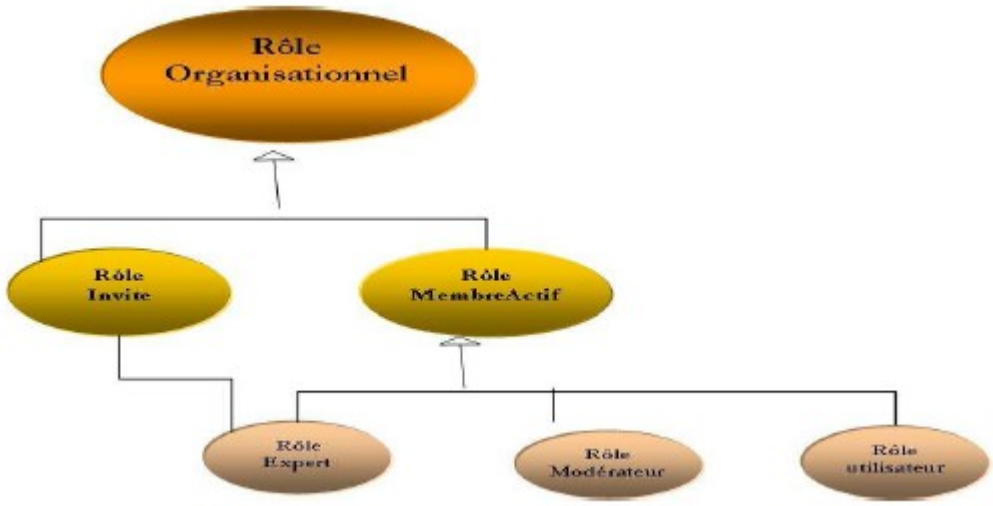
Permissions : droit d'accès à la communauté pour se renseigner sur les activités de la CoPs,

Responsabilités :

Simple utilisateur

Peut dans certains cas être plus qu'un invité s'il a été sollicité pour intervenir auprès de certains membres pour un problème donné, ici il est vu comme un expert externe.

Figure 21: la hiérarchie de rôle organisationnel du modèle de rôle



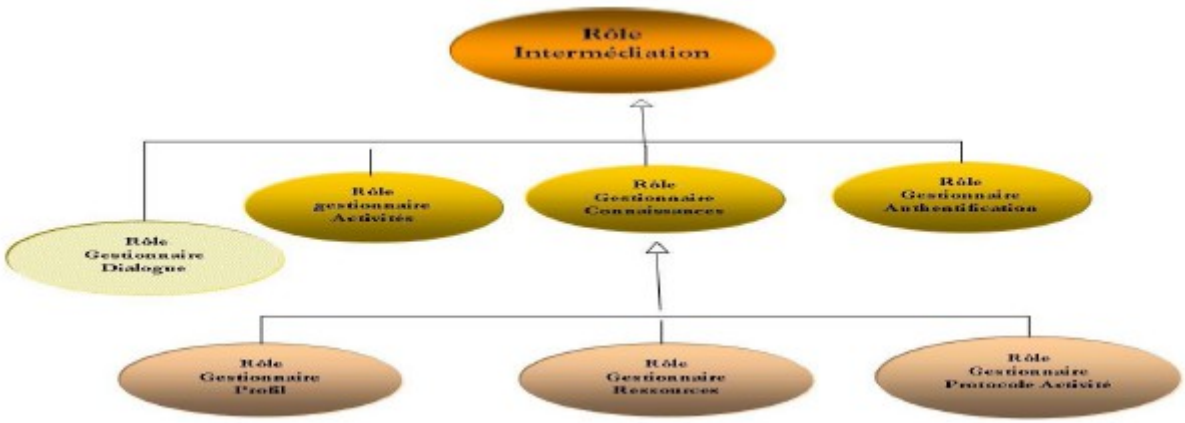
Outre le rôle organisationnel décrit plus haut, nous définissons aussi au niveau du système d'intermédiation un rôle d'intermédiation pris en charge par les agents logiciels. Ces rôles sont la

traduction des rôles du modèle organisationnel et correspondent à « l'Agentification » des activités du niveau organisationnel, on en distingue plusieurs.

5.2.1.2.2 Le rôle d'intermédiation

- **Le rôle Gestionnaire de Dialogue** *:* qui gère en amont les échanges entre différents agents du système (via les outils technologiques utilisés au sein de la CoPs). Il sert d'interface de gestion des messages envoyés par l'agent modérateur, il envoie et reçoit des messages, il supervise le cycle de discussion en collaboration avec le modérateur.
- **Le rôle Gestionnaire Activités Coopératives :** responsable de l'exécution des requêtes. Il gère les interactions lors de la résolution des tâches. Responsable de la mise à jour des tâches et des connaissances. Diffuse les réponses collectées des *membreActif* de la communauté vers la base synthèses collectives.
- **Le rôle gestionnaire connaissances** prend en charge la gestion de la base ressources de la CoPs et de l'Agent à travers :
  - **Le rôle gestionnaire profil** responsable de la gestion des profils utilisateurs (nom, prénom, compétences, expériences….), il modifie à chaque fois le profil d'un agent en fonction des échanges passés au sein de la communauté, pour cela il s'appui sur les messages échangés entre agent. Il est chargé de la mise à jour des profils et de la création de nouveaux profils.
  - **Le rôle gestionnaire Ressources :** gère la base ressources de la communauté.
  - **Le rôle gestionnaire protocole d'activité** *:* il possède les caractéristiques et les fonctionnalités permettant de répertorier dans la base ressources les questions en fonction du domaine d'activité. Par rapport à ces questions il spécifie les protocoles de réalisation des activités auxquelles les agents auront à réaliser.
- **Le rôle gestionnaire authentification** authentifie un agent lorsqu'il se connecte au sein de la communauté, c'est lui qui définie et attribue un identifiant à un agent du système.

Figure 22: la hiérarchie de rôle d'intermédiation du modèle de rôle



A titre d'illustration nous représentons un cas d'utilisation de la communauté CoPeR présentée le chapitre I :

5.2.2 Modèle SMAs

Le modèle suivant recouvre l'ensemble des modèles nécessaires à l'élaboration de notre système d'intermédiation. Les cas d'utilisation nous permettent de représenter les fonctions du système d'interaction au sein de la communauté du point de vue des utilisateurs, quant aux diagrammes de classes ils permettent de décrire et d'identifier les éléments de la communauté, ce modèle se compose

- Du modèle d'agent, et du modèle de communication.

5.2.2.1 Le modèle Agent

Ce modèle correspond à l'ensemble des agents du système, il définit les types d'agents qui vont être utilisés dans le système et les instances de ces agents en fonction des tâches qui leurs sont confiées.

Un type d'agent est dérivé d'un rôle agent ou d'un ensemble de rôles. Les instances d'agent sont formalisées à l'aide de cardinalités inspirées des techniques de modélisation orientée objet. L'agent dans ce modèle assure le contrôle et la responsabilité sur les activités coopératives. Il peut avoir un ou plusieurs buts dans un processus de coopération. Ce modèle comporte :

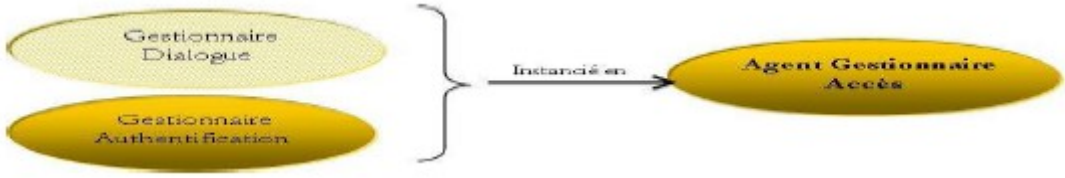
1. ***Des Compétences*** : il s'agit ici des compétences des agents impliqués dans le processus, c'est-à-dire des capacités qu'à un agent dans un domaine déterminé, un savoir, un savoir-faire qui repose sur l'expérience, aptitude à effectuer une action. Elles regroupent l'ensemble des compétences d'un agent et pas uniquement celle nécessaire pour des rôles.
2. ***Des Connaissances*** : constituent l'ensemble des informations, des savoirs et savoir-faire

Ainsi par instanciation nous dénombrons cinq groupes d'agents

a) Le groupe agent gestionnaire d'accès

Le groupe agent gestionnaire d'accès est instancié et prend en charge deux types de rôles, le rôle gestionnaire de dialogue et le rôle gestionnaire d'authentification.

Figure 23: instanciation du gestionnaire d'accès



b) Le groupe agent gestionnaire d'activité

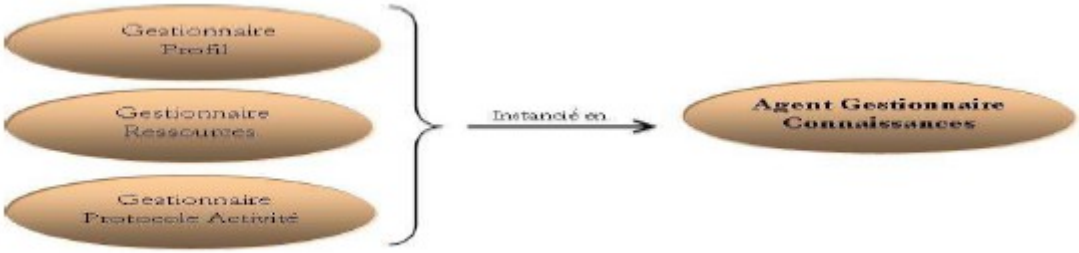
Le groupe agent gestionnaire d'activité est instancié et prend en charge un type de rôle, le rôle gestionnaire d'activité.

Figure 24: instanciation du gestionnaire d'activité

c) Le groupe agent gestionnaire de connaissances

Le groupe agent gestionnaire de connaissances est instancié et prend en charge trois types de rôles, le rôle gestionnaire de profil, gestionnaire de ressources, de protocole d'activités.

Figure 25: instanciation du gestionnaire Profil, Ressources, Protocole d'activité

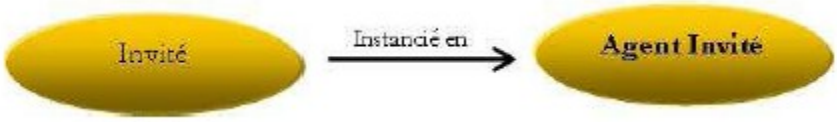


Qui gère, structure, met à jour et acquière de nouvelles connaissances en fonction du profil de chaque utilisateur du système.

d) Le groupe agent invité

Le groupe agent invité est instancié et prend en charge un type de rôles, le rôle Agent invité.

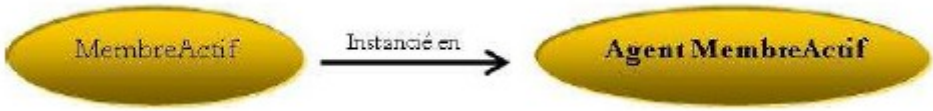
Figure 26 : instanciation du membre invité



e) Le groupe agent membreActif

Le groupe agent membreActif est instancié et prend en charge un type de rôle, le rôle Agent membreActif.

Figure 27: instanciation du membreActif



Le groupe agent membreActif possède plusieurs rôles, notamment le rôle de modérateur, le rôle d'Expert dans le cas ou l'expert fait partie de la communauté ou sinon le rôle invité voir groupe agent invité. Il peut aussi représenter un simple utilisateur de la communauté. Ce groupe est le médiateur entre le système d'intermédiation et les utilisateurs de la communauté. Il prend aussi en charge l'intégration des connaissances dans la base de connaissances de la communauté (avec l'aide de l'agent gestionnaire de connaissances).

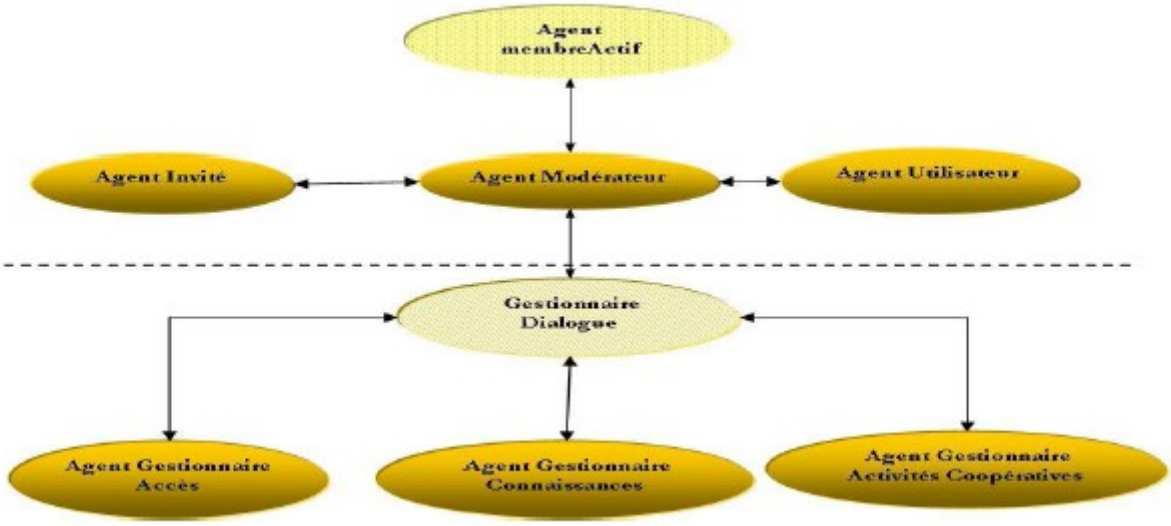
5.2.2.2 Le modèle de communication

Détermine le déroulement des activités entre les acteurs du système (agent humains et logiciels), leurs rôles, les ressources nécessaires à leurs activités. Ce modèle permet de comprendre et de mettre en œuvre des situations de communications.

Le rôle de la communication dans ce type de relation constitue le pilier de la coopération dans le sens où, si des agents collaborent dans l'objectif de résoudre collectivement un problème donné, ils se voient contraints de communiquer entre eux et de s'échanger des informations. Ce modèle présente des liens de communication qui existent entre les différents types d'agents. Par contre, dans ce modèle, les types de messages envoyés ne sont pas définit au préalable et quand bien ils le sont, il indique uniquement qu'il existe un chemin de communication.

Chaque interaction du modèle de rôles devient un lien de communication entre agents avec les mêmes objectifs, les mêmes entrées et sorties. Le modèle de communication et l'instanciation des agents sont présentés dans la figure ci-après.

Figure 28: Modèle de communication entre agents, buts et rôles

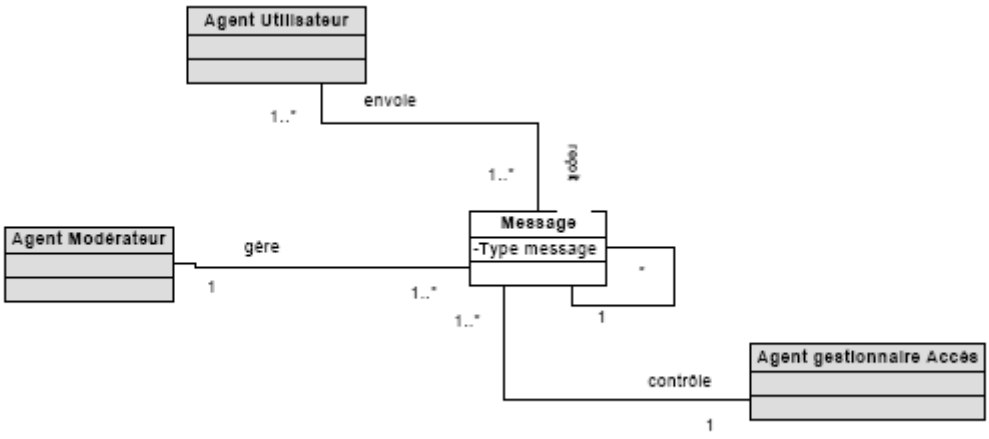


Une communication entre agents est décrite dans l'exemple suivant :

Un ***agent Utilisateur*** envoie ou reçoit un message

- Via un agent Modérateur: désigné comme étant chargé du contrôle et de la supervision des messages échangés entre différents agents utilisateurs de la communauté.
- L'agent modérateur à son tour envoie le message à l'agent concerné via l'agent gestionnaire d'accès: désigné comme étant celui qui envoie les messages à l'agent concerné du système d'intermédiation.
- Un message peut être une notification, une information, une confirmation, ou une requête.
- Type de message: désigné comme étant le contenant du message que l'un adresse à l'autre.

Figure 29 : Modèle de communication



On peut se référer au langage ACL (Agent Communication Language) qui fournit des primitives de langage permettant qu'une communication entre des agents soit établie. A titre de rappel la FIPA a définit 4 actes primitifs, ces actes sont composés de (query-if, inform-if, inform-ref, etc…), sont répartis en cinq catégories : transmission d'information ; *inform, confirm, disconfirm, inform-if, inform ref,* demande d'information : *query-if, query ref, subscribe,* Négociation ; *accept-proposal, cfp , propose, reject-proposal,* Accomplir une action ; *agree, cancel, refuse, request, request-when, request whenever,* Gestion d'un problème ou des erreurs, *failure, not-understood*. Ces actes servent ainsi pour représenter les formes de langages entre agents. Chaque acte est ainsi associé à un protocole pour les requêtes, les enchères et le contract-net ACLs permettent la communication de haut niveau.

Dans notre cas, supposons que ***l'agent modérateur*** ait besoin ***d'un agent du système*** pour exécuter une demande reçue d'un ***agent utilisateur*** de la communauté.

Supposons que la demande porte sur la mise à jour d'un protocole d'activité :

1. ***Le modérateur*** va envoyer une demande (request) à un l'agent ***gestionnaire de connaissances via l'agent gestionnaire d'accès.*** Si l'agent gestionnaire accepte la requête, il retourne **«agree».** Ensuite, quand ***l'agent gestionnaire de connaissances*** a terminé l'exécution de la demande, il en informe ***l'agent modérateur*** via ***l'agent gestionnaire d'accès*** en utilisant « inform »,
2. Si ***l'agent gestionnaire de connaissances*** accepte la demande mais rencontre un problème durant le traitement de la demande, il retourne « failure » et les raisons de l'échec. dans ce cas ***l'agent modérateur*** reprend le relais et retourne le résultat de la demande et les raisons de son échec à ***l'agent utilisateur*** initiateur de la demande afin qu'il explicite mieux sa demande,
3. Si ***l'agent gestionnaire de connaissances*** n'accepte pas la requête de ***l'agent modérateur***, il retourne « refuse » et les raisons de ce refus.

4. alors ***l'agent modérateur*** peut re-solliciter de nouveau ***l'agent gestionnaire de connaissances*** afin qu'il consulte la base Activités pour lui transmettre le protocole s'y afférent sur lequel l'agent utilisateur aurait souhaité apporter une modification. le protocole sera ensuite retransmis à ***l'agent utilisateur*** en question,
   a. Fin,
5. fin.

Quant au protocole FIPA-Query, il signifie que l'agent émetteur sollicite l'agent récepteur pour exécuter un des types d'un performatif « inform », c'est-à-dire pour répondre à la demande. Supposons que l'agent ***modérateur*** fasse une demande à ***l'agent gestionnaire d'activités coopératives.***

1. Le ***modérateur*** envoie un performatif « query » au ***gestionnaire d'activités coopératives*** pour lui demander une information sur une activité en cours de résolution. Si ***le gestionnaire d'activités coopératives*** peut répondre à la demande, il l'informe en utilisant le performatif « inform »,
2. Si ***le gestionnaire d'activités coopératives*** a essayé de répondre à la demande mais qu'il ne le peut pas, il retourne « failure » et les raisons de cette impossibilité,
3. Si ***le gestionnaire d'activités coopératives*** refuse de répondre à la demande, il retourne « refuse » et les raisons de ce refus,
4. Fin.

- **Le protocole d'Interaction**

Un « protocole d'interaction » est un ensemble de règles qui régissent la communication d'informations entre agents et le suivi de l'avancement d'un plan d'action commun. Ce protocole permet d'affiner la modélisation donnée par le modèle organisationnel pour décrire « activité par activité » le déroulement des interactions entre agents appartenant à la communauté et au système d'intermédiation. Chaque activité est transformée en un processus d'interaction.

C'est à travers ces interactions que l'ensemble des contrats ou engagements est pris par les membres vis-à-vis de la communauté, par les agents vis-à-vis du système d'intermédiation.

Il existe inévitablement des dépendances et des relations entre les différents rôles dans une organisation multi-agents. Il est donc nécessaire de représenter ces liens, ces protocoles dans un modèle d'interactions (Wooldridge & al. 2000). Il s'agit de modéliser principalement le but des interactions plutôt que de formaliser précisément les messages échangés. Chaque interaction est définie par :

Son objectif : une brève description de la nature de l'interaction (demande d'information, planification d'activité, délégation, notification). Un message contient les éléments suivants :

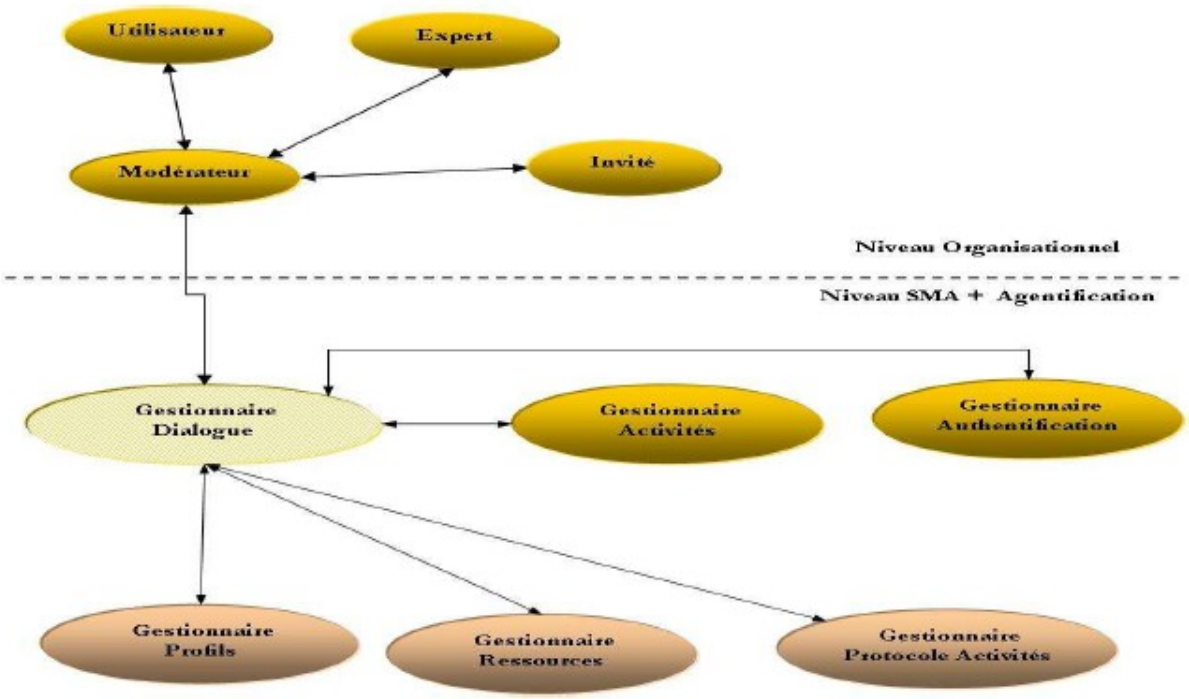
1. **Un initiateur** : Le rôle responsable de l'interaction,
2. **Un répondeur** : Le rôle avec lequel l'initiateur interagit,
3. **Les entrées (inputs) :** l'ensemble des informations utilisées par le rôle initiateur pour déclencher l'interaction,
4. **Les sorties (outputs)** : L'ensemble des informations fournies par le répondeur durant l'interaction,
5. **Des Messages**: composé de multiples interactions qui peuvent porter sur la demande d'un service ou une requête ou la mise à jour d'une information. Il constitue le message que peut envoyer/ ou recevoir un agent utilisateur via l'agent modérateur,
6. **De séquence**: Défini les différentes étapes d'une conversation. Il est constitué d'un ensemble de règles régissant une conversation**,**
7. **D'interaction** : Constituent un ensemble d'échange de messages, il est composé des langages de communication Agent, des attributs des actes du discours, d'un émetteur et d'un récepteur.

Nous avons classé les interactions de notre système selon plusieurs objectifs :

- La gestion des dialogues,
- La gestion des activités coopératives,
- La gestion des authentifications,
- La gestion des connaissances qui regroupe la gestion des profils, des ressources et des protocoles d'activités.

Les différentes interactions ont été introduites et décrites dans le modèle de rôles. Nous allons simplement les synthétiser sous forme de schémas. On distingue sept interactions dans la gestion des dialogues lors de la coopération dans la figure ci-dessous.

Figure 30 : Les liens d'interaction



C'est du modèle organisationnel que va se définir le type d'interaction qui peut se dérouler entre agents d'une société ou d'une communauté.

Le modèle de communication spécifie ainsi dans sa structure d'interaction les activités des agents du système en termes d'accords entre les rôles joués par les membres au cours des interactions ; ce modèle décrit les résultats opérationnels issus des interactions ainsi que le protocole d'interaction et les normes sociales appliqués aux interactions entre agents. Il constitue ainsi un composant essentiel à la vie de notre système d'intermédiation.

Le système d'interaction contrôle les interactions et renforce les politiques. Les fonctionnalités de notre architecture présentées en figure 22 mettent en lumière cette forte interaction entre les acteurs du système. Partant de là nous avons identifié a priori les agents potentiels de notre système et définit leurs rôles. Les systèmes intelligents dont font partie les CoPs, ne peuvent pas fonctionner isolement, ils agissent dans un environnement qui contient d'autres entités intelligentes.

Le modèle de communication peut permettre de composer un ou des protocoles d'interaction formée d'un ensemble de messages composé à l'aide des actes de communication.

A titre d'illustration nous proposons le **scénario 1** suivant :

1) L'agent modérateur envoie une requête à l'agent protocole Activité pour créer une nouvelle activité,

2) L'agent protocole activité envoie une requête pour vérifier si la ressource existe,

3) Si la ressource n'existe pas,

a. Alors l'agent protocole activité demande de la créer,

b. Sinon,

4) Créer une activité pour la ressource donnée,

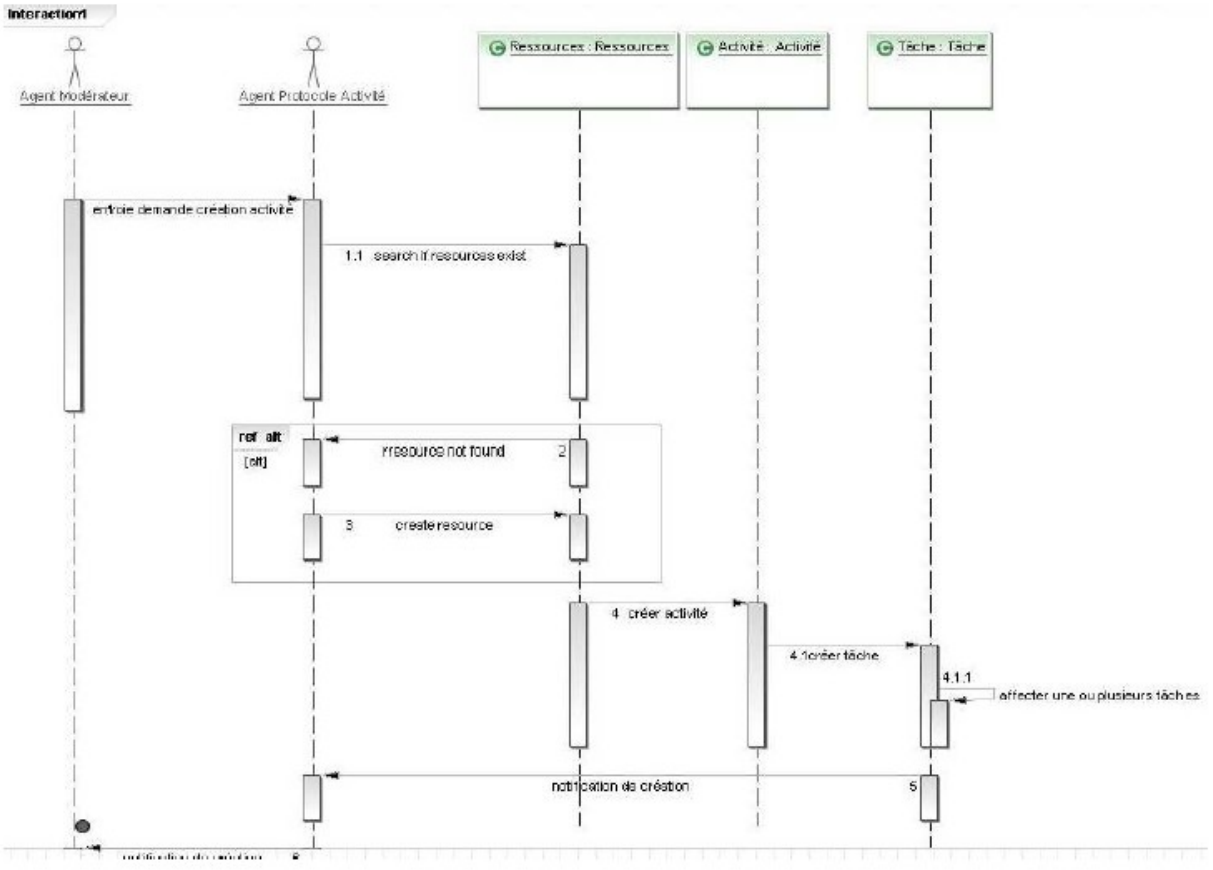
5) A cette Activité une ou plusieurs tâches sont affectées,

6) Une notification est envoyée à l'agent protocole d'activité pour informer de la création de l'activité,

7) A son tour il en informe l'agent modérateur,

8) Fin.

Figure 31: scénario de création d'une nouvelle Activité



Scénario 2

Un deuxième scénario peut porter sur la demande d'accès à la communauté par un nouveau membre :

1) L'utilisateur envoie une requête à l'agent modérateur pour intégrer la communauté,

2) L’agent modérateur demande à l’utilisateur les infos le concernant,

3) Puis il transmet la requête à l’agent gestionnaire d’accès,

4) L’agent gestionnaire à son tour vérifie si les compétences de l’utilisateur sont compatibles avec les objectifs de la communauté,

a. Si tel est le cas :

i. il demande la création du profil de l’utilisateur,

ii. Ensuite il transmet les identifiant à l’agent modérateur qui à son tour le le transmet à l’utilisateur,

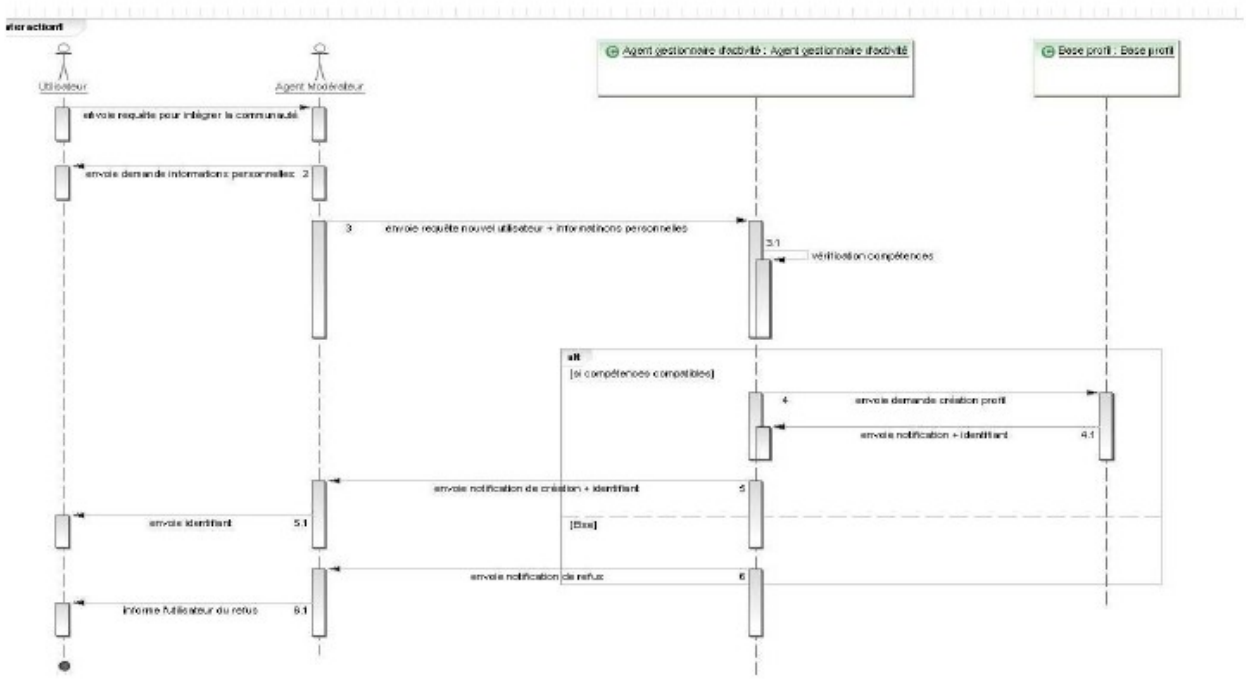
b. Sinon :

i. Il notifie de l’incompatibilité des compétences de l’utilisateur à l’agent modérateur,

ii. L’agent modérateur à son tour le notifie à l’utilisateur,

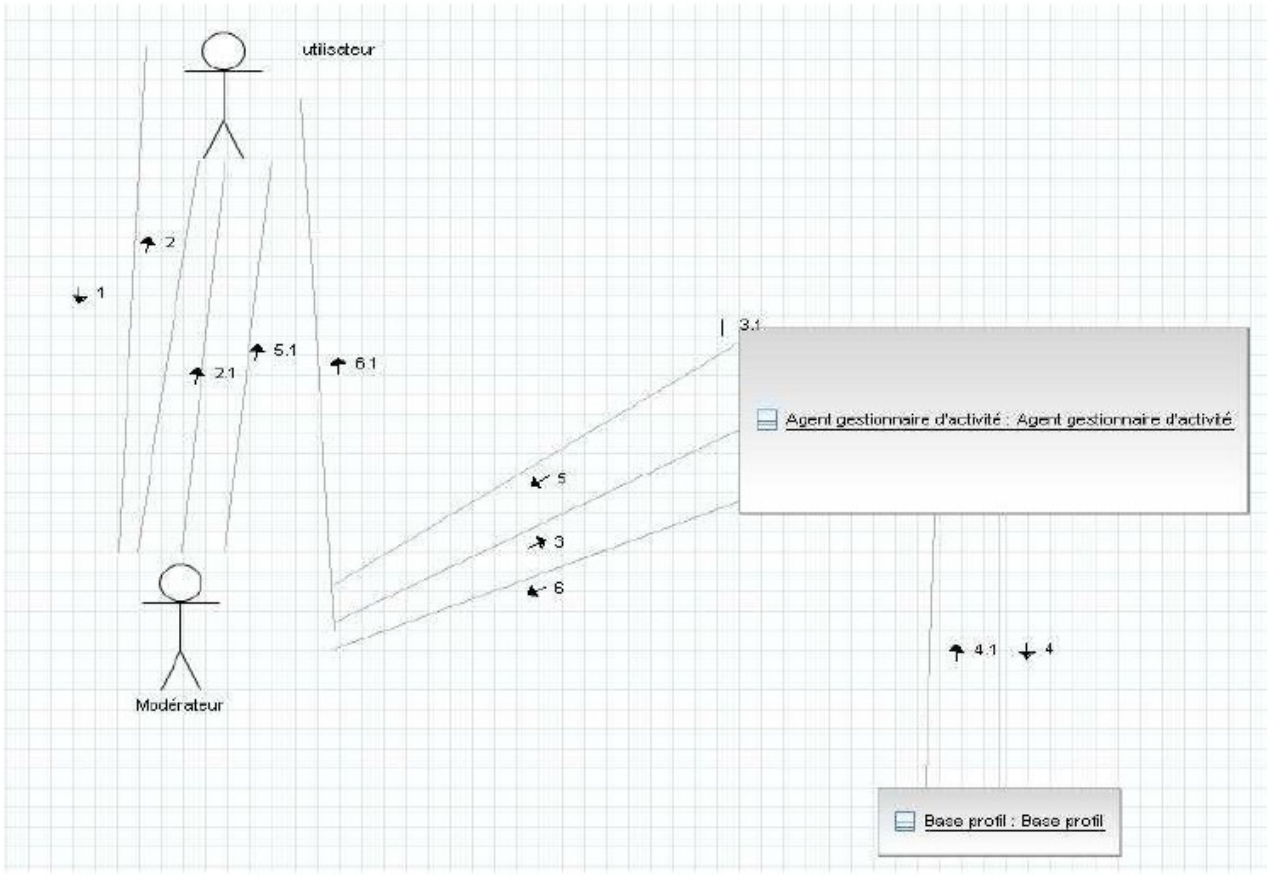
5) Fin.

Figure 32: scénario de création nouveau profil



A titre d’exemple voici un diagramme de communication qui illustre les interactions entre agents lors de la création d’une activité au sein de notre système.

Figure 33: exemple de diagramme de communication pour la création d’un profil



Scénario 3

1) L'agent modérateur envoie une demande à l'agent Activité Coopérative pour lancer une activité réelle,

2) Ensuite l'agent Activités coopératives envoie une vérification de présence de la ressource à la base ressources,

3) La ressource est recherchée,

4) Si la ressource existe,

a. L'agent Activités coopératives envoie une requête à l'agent Protocole activité pour avoir le protocole correspondant,

b. L'agent protocole transmet le protocole,

5) Si la ressource n'existe pas

a. Alors l'agent Activités coopératives envoie la requête à l'agent protocole activité pour créer la ressource, l'activité et la tâche,

6) Ensuite il le notifie à l'agent Activités coopératives,

7) L’agent activités coopératives affecte ses ressources à l’activité déclenchée par l’agent modérateur et lui donne son accord,

8) L’agent modérateur à son tour alloue l’activité aux agents utilisateurs dont les compétences correspondent,

9) A la fin de la résolution de l’activité chaque agent transmet à l’agent modérateur le résultat de son travail,

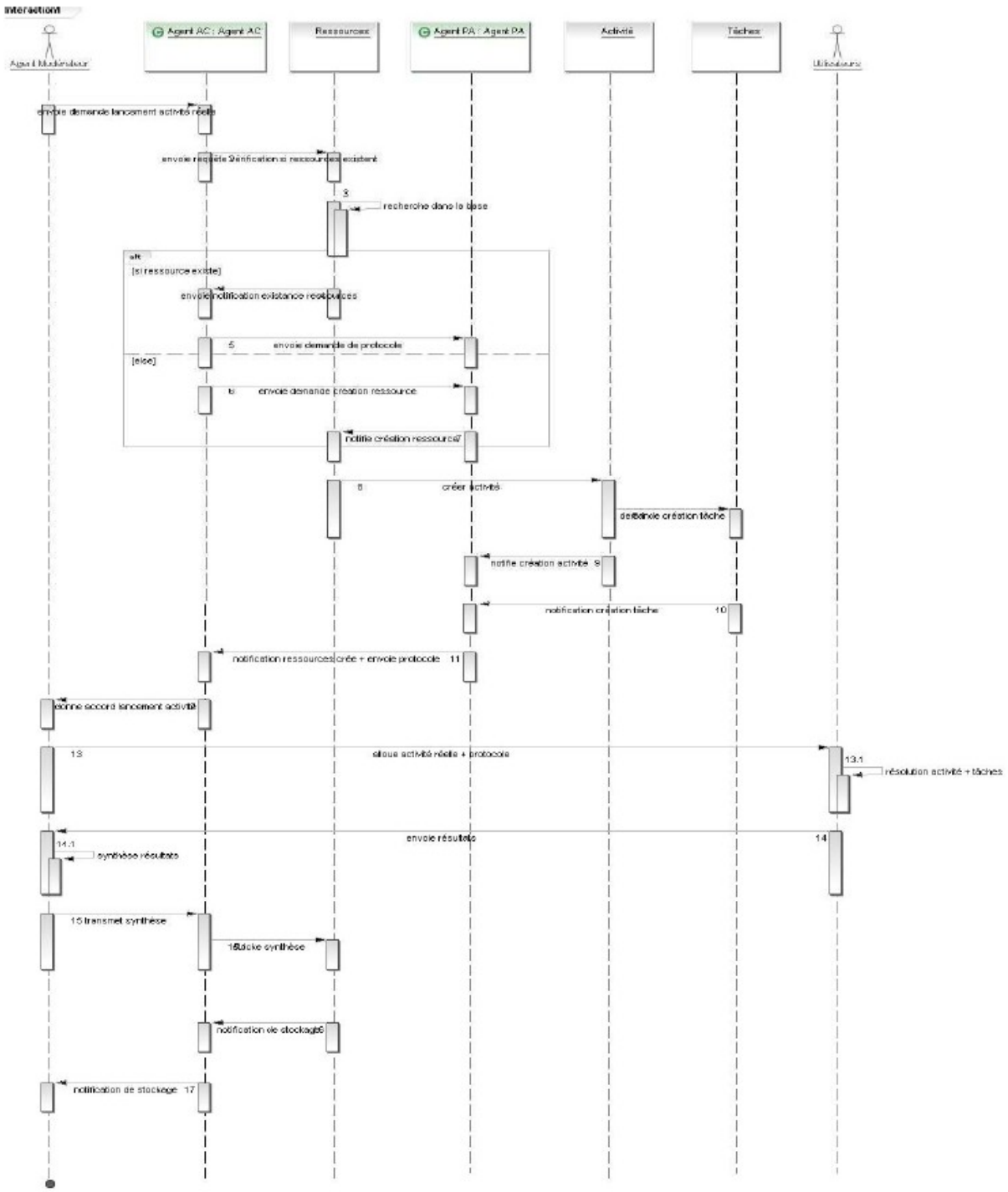
10) L’agent modérateur fait une synthèse de ses résultats et le transmet à l’agent Activités coopératives,

11) L’agent activités coopératives à son tour stocke la synthèse dans la base ressources.

12) Puis le notifie à l’agent modérateur,

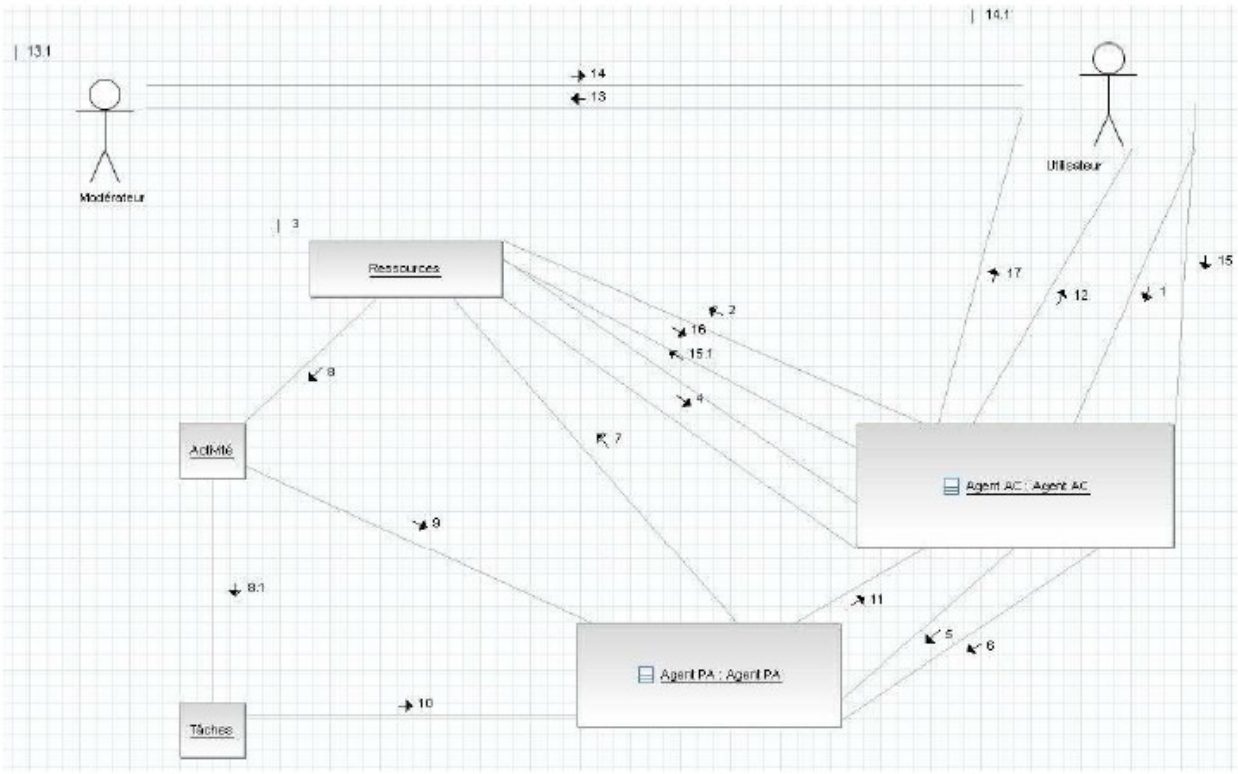
13) Fin.

Figure 34: scénario de lancement d’une nouvelle activité



Le diagramme de communication illustrant les interactions en figure 15

Figure 35: diagramme de communication lors d'un lancement d'une nouvelle activité.



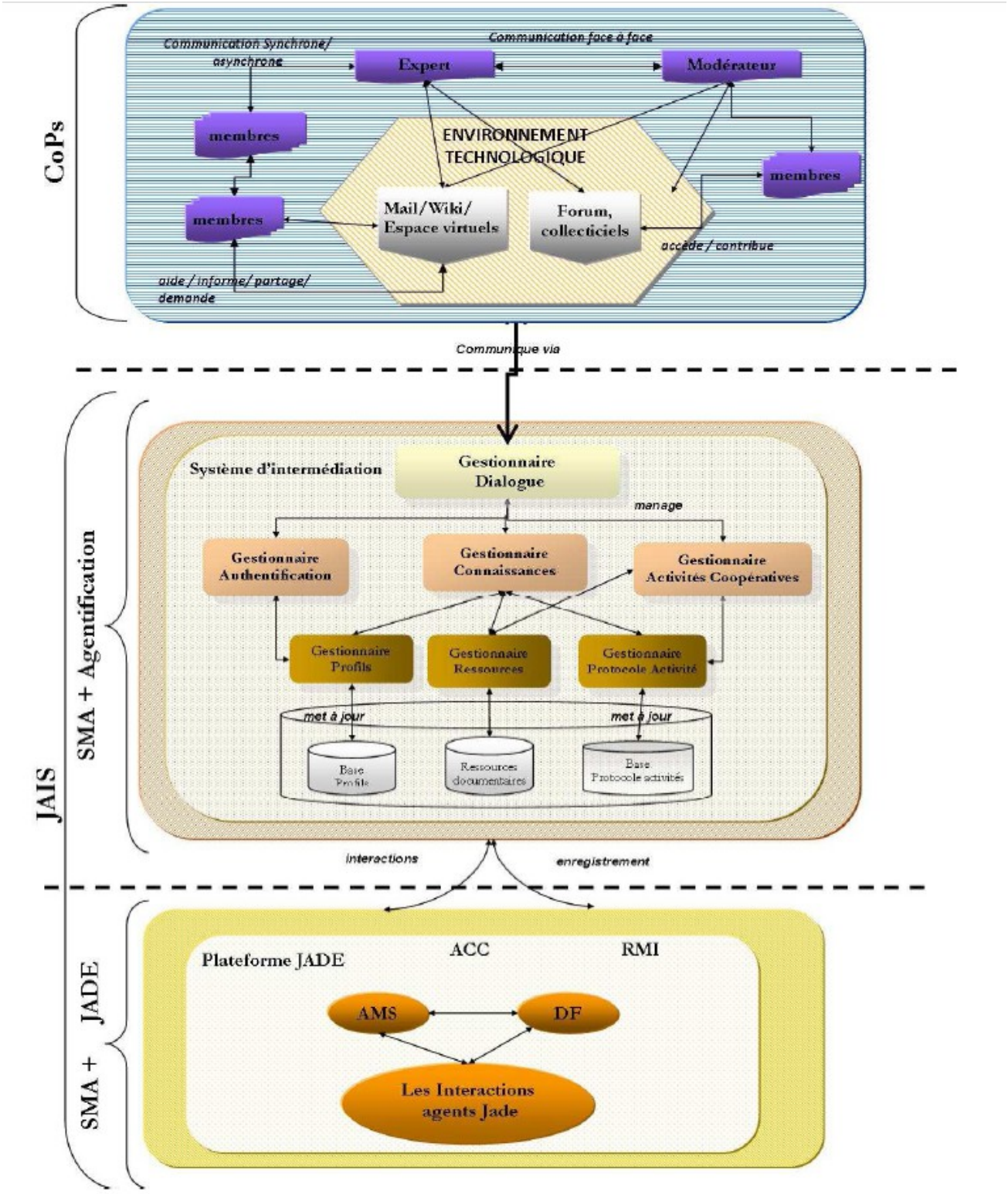
5.3 Phase de conception

Cette phase sera abordée dans le chapitre IV, il s'agira en fait de définir les composants technique du modèle d'intermédiation. Cette phase va mettre en œuvre les interactions entre les agents du niveau d'intermédiation et ceux de la plateforme JADE, dans ce modèle les composants nécessaires à l'exécution des buts du système vont être représenté. Il s'agira ici des aspects portant sur la structure organisationnelle, les activités coopératives, les agents, les communications et les connaissances. Il va décrire la structure du système en termes de modules le composant et la manière dont ces modules vont interagir entre eux. Ce modèle va donner les spécifications techniques du système en termes d'architecture et de plateforme d'exécution.

5.4 Synthèse

En résumé et par rapport à la démarche de conception décrite tout au long de ce chapitre, nous débouchons sur l'architecture multiniveaux ci-après :

Figure 36: Architecture multiniveaux JAIS



La plateforme JADE servira de plateforme d'implantation de notre système.

6. Conclusion chapitre III

Dans ce chapitre nous avons présenté une architecture à trois niveaux pour extraire, représenter et faire émerger des connaissances explicites et/ou tacites véhiculés dans des CoPs. Puis nous avons présenté les différents modèles constituants notre système (modèle organisationnel, modèle de rôle, modèle de communication, modèle agent). La définition de ces modèles est passée par la spécification des entités de la communauté, des interactions (modèle de communication qui offre aux agents la possibilité de communiquer et partager des idées sur divers sujets, et avoir une compréhension de ce qu'ils se disent lorsqu'ils emploient des concepts pour décrire ces idées). La modélisation agent a été privilégiée pour les strates 2 et 3 car les agents présentent des caractéristiques de flexibilité, d'apprentissage et d'échange de connaissances à travers des protocoles d'interaction et de négociation.

Le chapitre IV sera consacré à la présentation de la programmation des modèles d'agent d'intermédiation à l'aide de la plateforme agents JADE ce qui nous permettra De décrire quelques processus de gestion des activités pour illustrer un des aspects des activités des membres d'une communauté.

Chapitre IV : Conception de JAIS pour les CoPs sous Jade et Wade

1. Introduction

Le but de ce chapitre consiste à présenter les éléments à réaliser pour modéliser une communauté de pratiques à base d'agents dédiée à la coopération de ses membres dans un objectif de faire émerger des connaissances. Le préalable à la réalisation de ce système est de concevoir un modèle d'agent dont la finalité est de fournir les traitements d'intermédiation nécessaires à la mise en œuvre d'une telle communauté. L'analyse des fonctionnalités d'intermédiation à l'aide d'une approche orientée agent a permis l'identification des caractéristiques de l'agent d'intermédiation. Il s'agit ensuite de procéder à la programmation de cet agent. A cet effet, il a été décidé d'utiliser comme support de développement la plate-forme multi-agents JADE.

Dans les SMA les agents interagissent pour réaliser fidèlement des actions commandées par une entité externe. De manière générale, les agents sont amenés à coordonner leurs actions et parfois à

coopérer afin d'atteindre leur but bien qu'ayant des motivations différentes. La négociation permet ainsi aux agents de se coordonner, de se partager des ressources limitées ou de résoudre un conflit en s'accordant sur une solution dans laquelle leurs intérêts respectifs sont au mieux satisfaits. Les modèles de négociation mis ainsi en œuvre spécifient un langage de communication et un protocole de négociation afin de concevoir un schéma des interactions entre agents, ainsi que les capacités de raisonnement des agents, en modélisant leur fonctionnement interne en vue de mener leurs stratégies.

Au lieu d'avoir un système unique de gestion de connaissances, on procèdera à la définition d'un groupe d'agents doté chacun d'une base de connaissances propre que l'on fera coopérer si l'on se retrouve face à un problème complexe à résoudre. Pour un domaine d'application donné, il sera nécessaire d'implémenter le modèle permettant de représenter ce domaine. Afin que ce processus prenne forme nous avons parcouru les travaux relatifs aux protocoles d'interaction. Il en ressort que les modèles couramment utilisés pour modéliser les conversations (dans notre cas les échanges) entre agents reposent sur les automates à états finis et les graphes (Demazeau, 1995), (Parunak, 1998) à cause de leur simplicité. Dans la suite nous présenterons un aperçu de l'ingénierie des protocoles plus particulièrement des protocoles d'interactions.

En effet, notre travail s'appuie sur les fondements théoriques d'une communauté de pratiques ce qui nous amène à faire le choix sur le type d'architecture organisationnelle de société d'agents. D'après Bond (Bond, 1990), Il existe différentes architectures d'organisation pour les sociétés d'agents que l'on peut adopter:

- ***Une structure horizontale*** au sein de laquelle les agents se situent au même niveau, on peut donner comme exemple un groupe d'agents ayant des métiers différents mais travaillant pour la résolution d'un problème commun,
- ***Une structure verticale*** les agents sont structurés par niveaux (traitant différents niveaux d'abstraction de problème). Dans un même niveau on retrouve localement une structure horizontale,
- ***Une structure diagonale*** qui renvoie à la coopération diagonale dans une communauté de pratiques dispersée géographiquement.

Dans le cas de notre communauté, nous nous situons dans une structure mixte (horizontale et diagonale) l'agent reçoit un problème d'un autre agent **(agent modérateur**) qui peut soit répondre au problème parce que la thématique du problème a déjà été abordée ou soit il le renvoie à un autre agent ou plusieurs agents qu'il a jugé en fonction du profil apte à apporter une réponse rapide

Quelle que soit l'organisation d'une société d'agents il existe différentes approches qui permettent aux agents de coopérer, on distingue alors une :

- ***La coopération par partage de tâches et de résultats*** avec la possibilité de prendre en compte localement les plans des autres,
- ***La commande***, ***l'agent modérateur*** décompose le problème en sous-problèmes qu'il répartit entre les autres agents membres qui le résolvent et renvoient les solutions partielles à ***l'agent modérateur.***
- ***L'appel d'offres, l'agent modérateur*** décompose le problème en sous-problèmes dont il diffuse la liste, chaque agent membre qui le souhaite envoie une offre ; le modérateur choisit parmi celles-ci et distribue les sous-problèmes ; le système travaille ensuite en mode commande,
- ***La compétition***, ***l'agent modérateur*** décompose et diffuse la liste des sous-problèmes comme le mode d'appel d'offre, chaque agent membre résout un ou plusieurs sous-problèmes et envoie les résultats correspondants au modérateur qui à son tour fait le tri,
- ***La négociation,*** les activités des agents dans un système distribué sont interdépendantes et entraînent des conflits. Pour cela, le moyen de les résoudre consiste à considérer les différents points de vue de chaque agent, de négocier en utilisant des mécanismes de décision concernant les buts du système. Ce processus ne consiste pas forcement à trouver un compromis mais peuvent aller jusqu'à la modification des croyances d'autres agents pour faire prévaloir un point de vue. Dans notre cas d'étude la négociation se déroule à travers un agent, ***l'agent modérateur*** pour assurer la régulation des conflits entre les autres agents du système.

La démarche suivie est d'aborder la spécification du système d'intermédiation à l'aide de l'approche reposant sur les concepts d'agents et de systèmes multi-agents. Le but étant ainsi d'élaborer, suite à une réflexion sur les modèles organisationnels, une architecture générique pour la mise en place d'outils d'aide à la coopération, principalement dans les systèmes d'informations distribués. L'idée étant ici de proposer un système d'aide qui prend en compte l'ensemble des besoins d'un groupe pour une large gestion des connaissances, sans toutefois être focalisé sur une seule activité (Groupware).

Ce chapitre a pour objet de présenter l'architecture informatique d'un agent d'intermédiation reposant sur la plate-forme JADE. La décomposition fonctionnelle identifiée précédemment est reprise.

Dans un premier temps, les mécanismes de traitement de la communication entre l'agent et son environnement (agents et systèmes technologiques) sont présentés, dans un deuxième temps, les traitements de gestion des services et les fonctionnalités de gestion des comportements sont étudiés et enfin à titre d'illustration une application basée sur l'exemple de la CoPeR est proposée.

Avant de s'étendre sur la spécification de notre système, nous allons dans la suite présenter l'environnement de la plateforme que nous avons choisi pour l'implémentation du système.

2. La plateforme JADE

JADE (Java Agent DEvelopment Framework) est un logiciel libre distribué par le CSELT (Centre Studi E Laboratori Telecomunicazioni) de l'université de Parma. Cet environnement de développement d'applications à base d'agents, JADE, est implémenté entièrement en Java. JADE est conforme aux normes et spécifications de FIPA (Foundation For Intelligent Physical Agents) (FIPA, 2002), elle hérite alors son architecture, ses protocoles, ses services et ses mécanismes de transport et de communication. JADE est compatible avec la plupart des configurations matérielles et logiciels (Windows, Unix. L'agent JADE peut être implémenté en Java ou en Jess (Java Expert System Shell) (Jess, 2001). Ce dernier est un système expert qui permet d'implémenter des architectures d'agents à base de règles (Jess, 2001). Les agents JADE communiquent en utilisant le langage ACL (Agent Communication Language) (FIPA, 2000), dans le cas où ces agents sont hétérogènes, ils coopèrent par négociation.

La plateforme JADE peut être repartie sur plusieurs serveurs, une seule application Java pour une machine virtuelle est exécutée (JVM) sur chaque serveur. Chaque JVM est un conteneur d'agents qui fournit un environnement complet pour l'exécution d'agent et permet à plusieurs agents de s'exécuter en parallèle. La plate-forme JADE est aussi basée sur le protocole IIOP conforme à la spécification FIPA (FIPA, 2002) pour connecter plusieurs plates-formes agents.

2.1 L'environnement JADE

Le but de JADE est de simplifier le développement des systèmes multi-agents en conformité avec la norme FIPA pour réaliser des systèmes multi-agents interopérables. Pour y arriver, JADE propose les caractéristiques suivantes:

- **La plate-forme multi-agents compatible FIPA**, qui inclut le Système de Gestion d'Agents **(AMS)** supervise l'enregistrement des agents, leur authentification, leur accès et l'utilisation du système, le Facilitateur d'Annuaire **(DF) qui f**ournit un service de « pages jaunes» à la

plate-forme, et le Canal de Communication entre Agents **(ACC)** gère la communication entre les agents. Ces trois agents sont automatiquement créés et activés quand la plate-forme est activée,

- **La plate-forme d'agents distribuée**. La plate-forme d'agents peut être distribuée sur plusieurs hôtes, à condition qu'il n'y ait pas de pare-feu entre ces hôtes. Une seule application Java, et donc une seule Machine Virtuelle Java, est exécutée sur chaque hôte. Les agents sont implémentés comme des threads d'exécution Java et les événements Java sont utilisés pour la communication efficace et légère entre agents sur un même hôte. Un agent peut exécuter des tâches parallèles et JADE planifie ces tâches d'une manière plus efficace (et même plus simple pour le programmeur) que la planification faite par la Machine Virtuelle Java pour les threads d'exécution,
- Un certain nombre de **DF (Facilitateurs d'Annuaire)** compatibles FIPA peuvent être activés quand on lance la plate-forme pour exécuter les applications multi-domaines,
- Une **interface de programmation** pour simplifier l'enregistrement de services d'agents avec un ou plusieurs domaines de type DF,
- Le mécanisme de transport et l'interface pour l'envoi et la réception des messages,
- Le **protocole IIOP** compatible avec le document FIPA **(FIPA, 1997)** pour connecter des plates-formes multi-agents différentes,
- Le **transport léger de messages ACL** sur la même plate-forme d'agents. Dans le but de simplifier la transmission, les messages internes (sur la même plate-forme) sont transférés codés comme des objets Java et non comme des chaînes de caractères. Quand l'expéditeur ou le récepteur n'appartient pas à la même plate-forme, le message est automatiquement converti au format de chaîne de caractères spécifiés par la FIPA. De cette façon, la conversion est cachée au programmeur d'agents, qui a seulement besoin de traiter la classe d'objets Java,
- Une **bibliothèque de protocoles d'interaction** compatibles FIPA,
- **L'enregistrement automatique d'ag**ents dans le Système de Gestion d'Agents (AMS),
- Un **service d'attribution de noms** compatible FIPA ; quand on lance la plate-forme, un agent obtient un identificateur unique GUID (Globally Unique Identifier),
- Une **interface graphique** utilisateur pour gérer plusieurs agents et plates-formes multi-agents en partant d'un agent unique. L'activité de chaque plate-forme peut être supervisée et enregistrée.

2.2 L’architecture de JADE

L'architecture du logiciel est basée sur la coexistence de plusieurs Machines Virtuelles (VM) Java et la communication se fait par la méthode RMI (Remote Method Invocation) de Java entre machines virtuelles (VMs) différentes. Chaque VM est un réceptacle d'agents qui fournit un environnement d'exécution complet pour l'exécution des agents et permet d'avoir plusieurs agents qui s'exécutent simultanément sur un même hôte. En principe, l'architecture permet aussi à plusieurs VM d'être exécutées sur le même hôte ; cependant, ceci n'est pas à encourager, car on crée ainsi un surcroît de travail au système. Chaque réceptacle d'agents est un environnement multi- threads d'exécution composé d'un thread d'exécution pour chaque agent et, en plus, des threads créés à l'exécution par le système RMI pour envoyer des messages. Un récipient spécial joue le rôle du frontal de la plate-forme ; il contient les agents de gestion et représente la plate-forme toute entière pour le monde extérieur.

Une plate-forme multi-agents JADE est alors composée de plusieurs réceptacles d'agents. La distribution de ces réceptacles à travers un réseau d'ordinateurs est permise, à condition que la communication RMI entre leurs hôtes soit conservée. Un réceptacle léger spécial est implémenté pour l'exécution des agents dans un navigateur Web. Chaque réceptacle d'agents est un objet serveur RMI qui gère localement un ensemble d'agents. Il règle le cycle de vie des agents en les créant, les suspendant, les reprenant et les détruisant. En plus, il traite tous les aspects de la communication : répartition des messages ACL reçus, routage des messages selon le champ de destination (: receiver) et dépôt des messages dans les files de messages privées des agents. Pour les messages vers l'extérieur, le réceptacle d'agents maintient assez d'information pour chercher l'emplacement de l'agent récepteur et pour choisir une méthode de transport convenable pour expédier le message ACL.

2.2.1 Le modèle agents

On a vu qu'une propriété importante d'un agent est son autonomie : un agent ne doit pas se limiter à réagir aux événements externes, mais il doit être aussi capable de prendre l'initiative de nouveaux actes de communication d'une façon autonome. Ceci exige que chaque agent ait un thread interne de contrôle ; cependant, un agent peut engager des conversations simultanées multiples, tout en poursuivant d’autres activités qui n'impliquent pas d’échanges de messages.

JADE utilise l'abstraction *Comportement* pour modéliser les tâches qu'un agent peut exécuter et les agents instancient leurs comportements selon leurs besoins et leurs capacités. Du point de vue de la

programmation concurrente, un agent est un objet actif, ayant un thread de contrôle. JADE utilise un modèle de programmation concurrente "un thread-par-agent" au lieu d'un modèle "un thread-par-comportement" pour éviter une augmentation du nombre de threads d'exécution exigés sur la plate-forme d'agents. Ceci signifie que, pendant que les agents différents s'exécutent dans un environnement multi- threads de préemption, deux comportements d'un même agent sont planifiés de façon coopérative.

En dehors de la préemption, les comportements travaillent tous comme des threads d'exécution coopératifs, mais il n'y a pas de pile qui ait besoin d'être sauvée. Un planificateur (scheduler), exécuté par la classe de base *Agent* et caché au programmeur, exécute une politique de "round-robin" de non-préemption entre tous les comportements disponibles dans la file des processus prêts. Ainsi, il permet l'exécution d'une classe dérivée de la classe Comportement jusqu'à ce qu'elle abandonne le contrôle d'exécution par elle-même. Si la tâche qui a le contrôle n'est pas encore finie, elle sera replanifiée pendant le prochain tour du round-robin à moins qu'elle ne soit bloquée ; un comportement peut se bloquer lui-même, par exemple pendant qu'il attend des messages, pour éviter le gaspillage de temps de CPU, réalisant ainsi un comportement d'attente occupée.

Donc, le développeur d'agents doit étendre la classe Agent et implémenter les tâches spécifiques de l'agent par une ou plusieurs classes Comportement, les instancier et les ajouter à l'agent. La classe Agent représente une super-classe commune pour tous les agents définis par l'utilisateur.

2.2.2 L’agent JADE

Un agent Jade est défini par un identifiant unique qui lui permet d’être identifié au sein de la plateforme. Ses caractéristiques sont les suivantes :

- Il est conforme aux spécifications FIPA,
- Il possède un cycle de vie,
- Il dispose d’un ou de plusieurs comportements,
- Un comportement défini l’action d’un agent,
- Il peut être de plusieurs types,
- Il communique et interagit avec les agents en envoyant des messages ACL,
- Il rend des services aux autres agents.

JADE possède différents types de comportements qui se distinguent essentiellement par l’implémentation de leur méthode *done ()*. En effet, la classe *OneShotBehaviour* correspond à des

traitements devant être exécutés une seule fois, donc la méthode *done ()* renvoie systématiquement *true*, la classe *CyclicBehaviour* permet de représenter des comportements devant être exécutés en boucle, dans cette classe la méthode *done ()* renvoie systématiquement *false.* La classe *CompositeBehaviour* permet de réaliser des comportements constitués de différentes instances de comportement. Il peut s'agir de l'exécution séquentielle de différents comportements, avec la classe *SequentialBeahviour* ou bien une exécution en simultanée avec la classe *ParallelBehaviour*. De plus, la classe *FSMBehaviour* permet de représenter des comportements relevant d'un automate à états finis. Le déclenchement d'un comportement peut être conditionné par la réception d'un message, par la fin d'un délai d'attente ou bien par l'appel à la méthode *restart ().* Les méthodes *onStart ()* et *onEnd ()* permettent de définir un ensemble de traitements devant être conduis avant et après l'exécution d'un traitement.

Du point de vue du programmeur, la conséquence est qu'un agent JADE est simplement une classe Java qui étend la classe de base Agent. Cela permet à l'agent d'hériter un comportement fondamental caché (qui traite toutes les tâches liées à la plate-forme, telles que l'enregistrement, la configuration, la gestion à distance, etc.), et un ensemble de méthodes qui peuvent être appelées pour implémenter les tâches spécifiques à l'agent, par exemple envoi des messages, utilisation des protocoles d'interaction standard, enregistrement sur plusieurs domaines, etc. De plus, il y a encore deux méthodes qui sont héritées pour gérer la file de comportements d'agents

AddBehaviour (Behaviour) et **removeBehaviour (Behaviour**). JADE inclut aussi quelques comportements prêts à être utilisés pour les tâches les plus communes dans la programmation des agents, tels que l'envoi et la réception des messages et la décomposition des tâches complexes en des agrégations de tâches plus simples. Entre autres, JADE offre aussi une classe **JessBehaviour** qui permet l'intégration avec le système expert JESS (Java Expert System Shell), où JADE fournit le noyau de l'agent et garantit (autant que possible) la conformité avec les normes FIPA, alors que JESS est le moteur d'inférence de l'agent qui exécute le raisonnement nécessaire pour la résolution du problème.

Il existe dans Jade un certain nombre d'outils graphiques qui soutiennent la phase de correction, habituellement très complexe dans les systèmes répartis.

L'agent **Dummy** qui est un outil simple pour visualiser les échanges de messages entre agents.

L'agent **Sniffer**, il permet de suivre des messages échangés dans une plateforme d'agent Jade.

L'agent **Introspector** permet lui de visualiser et commander le cycle de vie d'un agent courant ainsi que ses messages échangés (provenant de la file d'attente de messages envoyés et reçus).

2.2.3 Fonctionnement d’un agent JADE

Les mécanismes de gestion d’agents JADE sont essentiellement fournis par la classe de base *Agent*. Celle-ci est constituée de mécanismes généraux nécessaires au fonctionnement d’un agent indépendamment des comportements qui lui sont associés. Il s’agit des fonctionnalités de gestion du cycle de vie de l’agent et des traitements d’émission et de réception de messages.

Le cycle de vie d’un agent est composé, selon la norme FIPA de cinq états (Active, Waiting, Transit, Initiated et Suspended). La classe Agent fournit les méthodes permettant d’accéder à l’état de l’agent (*getState()*) ainsi que les méthodes permettant de passer d’un état à un autre (*doWait (), doSuspend (), doActivate ()*…). Un agent sera autorisé à accomplir des traitements seulement s’il est actif.

La création d’un agent au sein de la plate-forme JADE induit son enregistrement au sein du gestionnaire d’agent (AMS) avec un identifiant unique qui lui est alloué. Par ailleurs, son état est positionné à la valeur correspondant à un état Actif et la méthode *Setup ()* est automatiquement exécutée. Ainsi, la surcharge de celle-ci permet de définir les traitements devant être exécutés au démarrage de l’agent.

La classe *Agent* offre également des fonctionnalités permettant à l’agent d’émettre et de recevoir des messages au format spécifié par la FIPA. Ainsi la méthode *send ()* permet d’envoyer un message et les méthodes *receive ()* et *blokingReceive ()* gèrent la récupération des messages au sein de la file d’attente de message associée à l’agent ; la méthode *blokingReceive ()* permet de bloquer le fonctionnement de l’agent jusqu’à ce qu’il reçoive un message. La gestion des messages échangés entre les agents repose sur la classe ACLMessage, celle-ci propose les paramètres définis par la norme FIPA (performative, sender, receiver, reply-to, content, language, encoding, ontology, protocol, conversation_id, reply-with, in-reply-to et reply-by) ; les valeurs de ces paramètres étant accessibles par des méthodes au format *get/set<nom de l’attribut> ()*. Un ensemble de constantes permet de fixer, à la création du message, l’ensemble des attributs correspondant à un performatif FIPA (Request, Inform). Enfin, la méthode *createReply ()* génère automatiquement le patron du corps du message à envoyer en guise de réponse.

La définition des traitements devant être accomplis par un agent JADE est possible grâce au concept de comportement. JADE offre, pour modéliser le comportement de l’agent, une hiérarchie de classes reposant sur la classe *Behaviour*. Les opérations devant être exécutées par le comportement sont réalisées par la surcharge de la méthode *action ()*.

La classe *Agent* contient des méthodes permettant d’associer et de retirer un comportement à un agent (*addBehaviour(Behaviour)* et *removeBehaviour(Behaviour)*).

Un mécanisme de la classe *Agent* parcourt continuellement la liste des comportements des agents et les déclenche en effectuant un appel à leur méthode *action ().* La méthode *done ()* de la classe *Behaviour* indique si l'ensemble des traitements associés au comportement ont été exécutés.

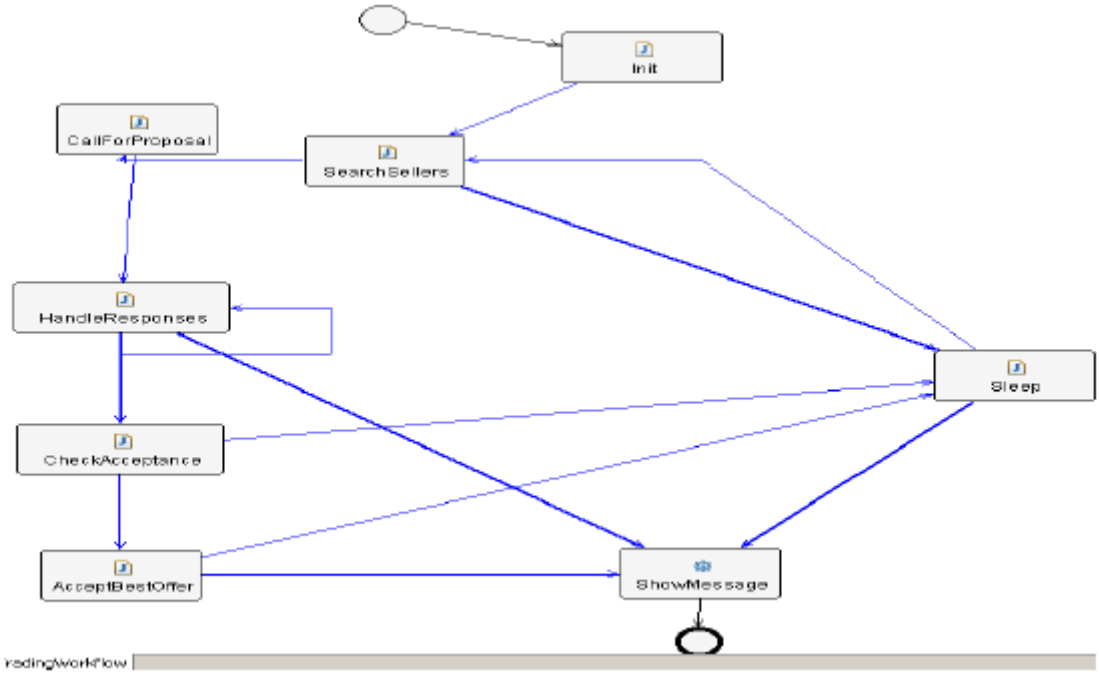
2.3 Le Workflow WADE une extension de JADE

Un Workflow représente la modélisation ou la gestion d'une ou plusieurs procédures en termes d'activités à exécuter, de relations entre ces procédures ainsi que des différents acteurs impliqués dans la réalisation de ces activités. Le principal défi dans WADE est de rapprocher l'approche Workflow du niveau des processus métiers au niveau de la logique du système interne.

Tout d'abord, il convient de noter que WADE ne comprend pas un seul moteur de Workflow puissant comme la majorité des outils orientés BPM. Au contraire WADE prévoit une extension sur la base de la classe Agent de la bibliothèque JADE appelée WorkflowEngineAgent qui contient un moteur de Workflow (« Workflow micro-moteur »). En conséquence, outre les comportements normaux de JADE, tous les Workflow-Engine agents actifs dans une application WADE multi-agent sont en mesure d'exécuter des Workflow représentés selon un formalisme spécifique de WADE, ce formalisme est basé sur le langage JAVA. Afin de travailler avec WADE, un environnement de développement nommé WOLF est offert, c'est un plug-in éclipse qui offre au développeur de travailler dans un environnement graphique et propose aussi une vue du code.

La figure suivante illustre un workflow d'une activité de vente aux enchères

Figure 37: Workflow vente aux enchères



Donc par rapport à cet exemple nous souhaitons représenter nos processus selon le formalisme proposé par le Workflow WADE.

2.4 Communication d'un agent avec son environnement

L'une des caractéristiques fondamentales d'un système multi-agents est la capacité qu'à chaque agent de pouvoir communiquer et interagir entre eux. Ceci n'est possible que grâce à la spécification FIPA, conformément à cette norme les agents communiquent par envoi de messages asynchrones, pour cela chaque agent détient une liste de messages dans lequel les routines Jade viennent stocker les messages reçus des autres agents. Lorsqu'un message est déposé dans cette file, l'agent reçoit un message d'alerte lui indiquant la réception d'un nouveau message, si le message envoyé est récupéré par l'agent dans la liste de message il n'est plus lisible par le programmeur.

La classe agent fournit un ensemble de méthodes pour la communication inter-agent, l'appel d'une méthode est complètement transparent de l'endroit où est localisé l'agent, la plateforme se charge de sélectionner l'adresse appropriée ainsi que les mécanismes de transport.

Afin de se comprendre, il est primordial pour les agents de s'accorder sur le format et la sémantique des messages qu'ils échangent. Dans Jade, les messages sont conformes au standard FIPA-ACL, un message est une instance de la classe **jade.acl.ACLMessages**,

Un message ACL contient:

- Le ***sender*** du message ; La liste des ***receivers*** ; L***'intention*** de la communication (« performatif ») qui indique l'intention du ***sender*** ; Le ***contenu*** c'est-à-dire l'information contenue dans le message ; Le ***contenu du langage ; la*** syntaxe utilisée pour exprimer le contenu ; L'***ontologie*** qui représente le vocabulaire utilisé et le sens donné ;
- Le contenu d'un message ACL – contient l'identifiant de la conversation ***ConversationID*** – utilise pour relier les messages dans la même conversation ; Un protocole – qui spécifie le protocole utilisé ; **InReplyTo -** le sender l'utilise pour faire une distinction entre les réponses ; **ReplyWith** – une autre façon de distinguer les réponses apportées ; **ReplyBy** – utilisé pour délimiter le temps de réponse d'une question

Toutes ces propriétés sont accessibles via la méthode set/**get<Property> ()** de la classe ACLMessage.

Quant au standard FIPA, il définit les performatifs suivants:

- **INFORM** processus par lequel un agent apporte des informations ; **QUERY** permet de poser des questions ; **QUERY_IF** si le sender souhaite savoir si une condition est valable ou pas ; **REQUEST** to ask the other to do something ; **CFP** demande des propositions ; **PROPOSE** fait des propositions.
- Les performatifs pour répondre incluent : **AGREE** ; **REFUSE**.

Un agent qui souhaite envoyer un message doit :

- Créer un nouvel objet ACLMessage,
- Compléter les attributs avec les valeurs appropriées, puis faire
- Appel à la méthode **send () de l'agent**
- Une autre alternative serait d'ajouter une instance du ***SenderBehaviour*** à la liste de tâche de l'agent.

Dans le cadre d'une communication Inter-agent, la plateforme stocke tous les messages reçus d'un agent dans une liste de diffusion ; cette liste de diffusion est accessible en utilisant un certain nombre de méthode et ce de deux façons :

- En bloquant l'accès : la méthode **blockingReceive (),** qui suspend tous les comportements des agents**.**
- En laissant l'accès libre : en utilisant la méthode **receive () ;** qui retourne immédiatement **null** si le message envoyé ne se trouve pas dans la liste

Les deux méthodes peuvent s'accroitre avec les capacités des *pattern-matching* dont les méthodes des paramètres décrivent les demandes contenues dans les **MessageACL.**

- Une autre alternative serait d'ajouter une instance du ***ReceiverBehaviour*** à la liste de tâche de l'agent.

3. Les agents JAIS (JADE Agent Intermediation System)

Le processus « d'Agentification » consiste à construire des modèles d'agents à partir des besoins du système. La première étape consiste à identifier les concepts du modèle d'agents. Ces modèles permettent ainsi d'identifier le savoir, les connaissances, les interactions ainsi que les traitements dont ils auront la charge au cours de leurs activités. Ces propriétés seront indispensables à la mise œuvre des fonctionnalités tant de communication que d'interaction et de gestion de certains types d'activités.) . Nous définirons notre système d'intermédiation comme *« un système qui permet à l'ensemble des membres de la CoPs de créer des interactions entre eux, mêmes situés dans des lieux géographiquement dispersés. De favoriser la co-construction de sens, l'enrichissement de leur base de connaissances commune, l'amélioration de leurs compétences, le partage, l'échange et l'acquisition des connaissances. Pour cela le système doit être en mesure de proposer des mécanismes nécessaires à la gestion des contraintes que pourrait imposer le fonctionnement de la communauté. Ces contraintes peuvent être l'allocation des tâches, la gestion des profils, l'autorisation d'accès à la base de connaissances, le traitement des requêtes etc. ».* (Kenfack, 2007). Cette modélisation permet de reproduire les processus permettant de soutenir l'intelligence humaine en construisant des agents intelligents capables de réaliser des activités de la CoPs.

3.1 Le Modèle SMA (Intermediation, JADE, WADE).

Le modèle SMAs de notre système d'intermédiation recouvre le modèle d'intermédiation (communication) entre différents membres appartenant une même organisation ou à différentes organisations. Nous avons défini l'intermédiation comme étant *« une situation au cours de laquelle on introduit un tiers pour faciliter le rapprochement entre différents participants »* (Kenfack, 2009).

Donc, dans un tel environnement et plongés dans une relation de coopération les participants sont amenés :

- A Interagir pour échanger
- A Communiquer

- A Coordonner leurs tâches
- Pour enfin résoudre des problèmes

Ainsi il est primordial pour la constitution et le bon fonctionnement de la communauté de pratiques de disposer d'un interlocuteur en qui les autres membres font confiance et dont le rôle serait d'assurer la coordination des activités de la CoPs pour arriver à un résultat cohérent et organisé. Donc, dans notre modèle un agent que nous nommerons ***l'agent d'intermédiation*** sera responsable de cette coordination.

Cet agent d'intermédiation prendra en charge de plusieurs rôles et sera responsable aussi bien des interactions entre les agents de la plateforme JADE et des agents de la structure organisationnelle. Dans ce qui suit nous définirons de manière générale les agents de notre système dans son ensemble.

3.2 Définition des agents JAIS

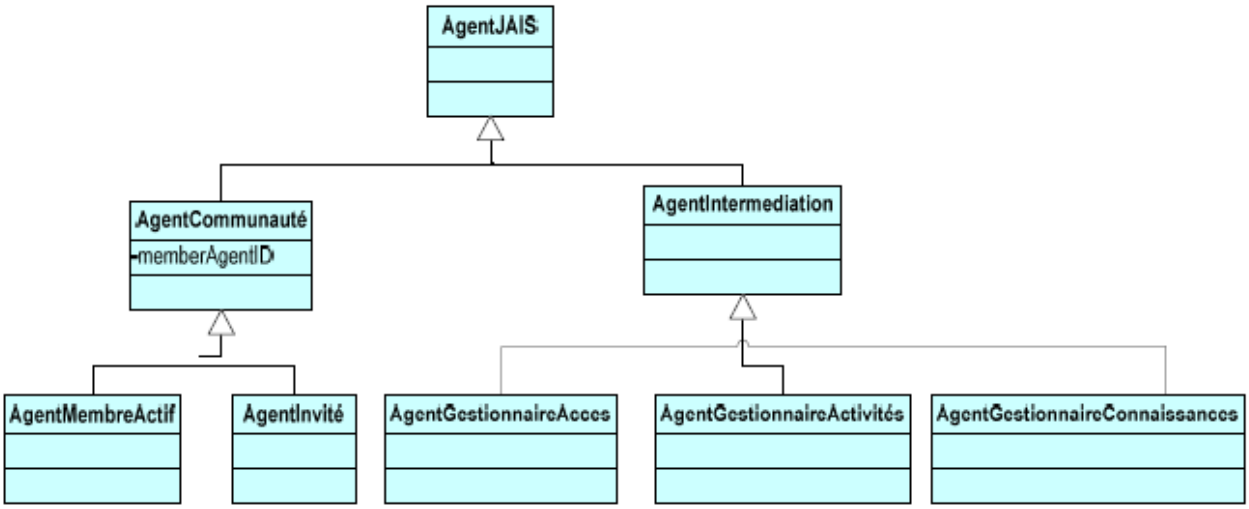
Les agents sont considérés comme ayant la capacité de traiter leurs propres tâches ou de résoudre les problèmes, on suppose aussi que les agents ont la capacité explicite de représentation et de communication de la connaissance (Huhn, 1999). Par ***agent d'intermédiation*** nous entendons ici l'agent responsable du fonctionnement de notre système. Dans la suite nous présenterons à travers des catégories d'agents (Kenfack, 2006) utilisés pour soutenir des processus de connaissances et d'interactions dans les CoPs. *L'**agent modérateur*** **(agent humain)** mentionné ci-dessus est responsable de la coordination des activités dans la communauté, ainsi au fil du temps il acquiert de l'expérience qui lui permet de savoir qui parmi les membres est susceptible de répondre à un tel ou tel besoin dans les meilleurs délais. En plus de cela, la coopération entre les membres de la communauté et l'ensemble du système d'intermédiation se fait à travers ***l'agent modérateur*** par l'intermédiaire de l'***agent gestionnaire d'accès***.

Deux types d'agents vont cohabiter dans notre système, on trouve aussi bien des agents humains, notamment l'***agent membreActif***, ***l'agent invité,*** et d'un autre côté ***l'agent d'intermédiation*** qui se décline en différentes catégories d'agents d'intermédiation.

3.2.1 Le diagramme de classe des agents JAIS

Dans UML le diagramme de classes ne considère que les attributs et les opérations pour les objets. Pourtant si nous souhaitons représenter de façon effective les classes des agents de notre système, UML s'avère être insuffisant, car en plus des opérations et des attributs les agents utilisent aussi des protocoles d'interaction et disposent de rôles différents.

Figure 38: Diagramme de classe des agents du système d'intermédiation



3.3 Choix du langage ACL

Les ACLs gèrent des propositions, des règles, des actions au lieu d'objets simples sans sémantique associée. Un message écrit en utilisant ACL (Agent Communication Language) décrit un état désiré plutôt qu'un appel de procédure ou de méthode Les ACLs s'appuient sur des protocoles de bas niveau pour le transport des messages (SMTP, TCP/IP, IIOP, HTTP, ...).Pour échanger les informations et les connaissances, les agents utilisent des ACL. Des primitives peuvent être définies par composition de primitives de base. Les actes de communication sont décrits sous forme narrative et sous forme de sémantiques formelles basées sur la logique modale. Les sémantiques sont basées sur les attitudes mentales (croyance, intention etc.). Utilise un langage puissant pour définir les états des agents (le langage SL (Semantique Language)). Quelques catégories de performatifs FIPA :

- **Information (contenu: proposition)** :*Query_if, query_ref, sunscribe, inform, inform_if, inform-ref, confirm, disconfirm, not_understood*
- **Distribution de tâches (contenu: action):** *Request, request_when, request_whenever, cancel, agree, refuse, failure*
- **Négociation (contenu: action et proposition):** *Cfp (Call for proposal), propose, accept-proposal, reject-proposal*

Dans le tableau ci-dessous les 20 performatifs FIPA-ACL

Tableau 8 : performatif FIPA-ACL

performative	passing info	requesting info	negotiation	performing actions	error handling
accept-proposal			x		
agree				x	
cancel		x		x	
cfp			x		
confirm	x				
disconfirm	x				
failure					x
inform	x				
inform-if	x				
inform-ref	x				
not-understood					x
propose			x		
query-if		x			
query-ref		x			
refuse				x	
reject-proposal			x		
request				x	
request-when				x	
request-whenever				x	
subscribe		x			

4. Développement de JAIS

4.1 Le concept de rôle.

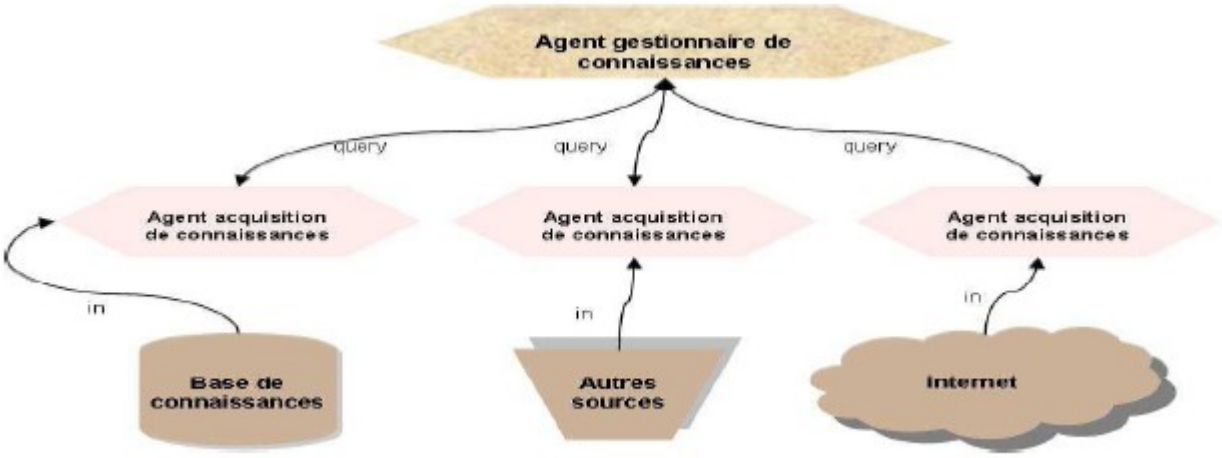
Si le concept de rôle est présent dans la majorité des travaux portant sur l'organisation dans les SMA, cette notion est cependant peu formalisée. Le rôle est plus souvent défini comme une classe de comportements ou de services que propose un agent dans le système (Ferber et Gutknecht, 1998). Inversement, lorsque l'on trouve des définitions formelles, celles-ci sont souvent spécifiques à l'application considérée.

Dans le cadre des agents, un agent peut prendre en charge un ou plusieurs rôles. Un rôle est toujours local à un environnement et repose sur une liste de tâches à accomplir soit séquentiellement, soit parallèlement, ou soit avec ou sans répétition. Un rôle implique donc la tenue d'une ou plusieurs tâches. Nous considérons qu'un agent peut tenir un rôle s'il sait exécuter toutes les tâches impliquées dans le rôle et donc, s'il possède les compétences nécessaires pour cela. Un rôle implique souvent la planification de plusieurs tâches. Pour cela, un agent doit posséder une compétence de planification de tâches.

Plusieurs rôles composent la communauté, on y distingue l'ensemble des rôles dédiés aux membres de la communauté, les rôles joués par les agents du système d'intermédiation et ainsi que de la plateforme JADE. La figure ci-après présente le processus d'acquisition de connaissances de l'agent

gestionnaire des connaissances. Les différents agents d'acquisition représentent alors les divers rôles que peuvent prendre cet agent en fonction des activités qui lui sont assignées.

Figure 39: Acquisition connaissances par l'agent gestionnaire de connaissances



4.2 Implémentation sous JADE, WADE

Le processus d'implémentation d'un système multi-agents à l'aide de la plate-forme JADE consiste donc à identifier et à programmer pour chaque traitement de l'agent, les structures de connaissances nécessaires à son fonctionnement, les comportements correspondants et les messages échangés entre les agents. Par conséquent, les mécanismes de communication entre un agent JADE et les autres agents du système pour communiquer seront étudiés en identifiant les éléments nécessaires à leur mise en œuvre.

L'analyse des fonctionnalités d'un système d'intermédiation à l'aide du modèle d'agent permet d'identifier les caractéristiques d'un modèle d'agent d'intermédiation. Les fonctionnalités d'intermédiation sont prises en charge par un réseau d'agents au sein d'une même organisation ou bien dispersés géographiquement qui utilisent différents types d'outils technologiques (par exemple la communauté CoPeR). Chaque agent est relié à différents types d'outils qui fournissent les services partagés par le système.

Par ailleurs, les agents ont la charge d'un ensemble de plans qui correspond à des fonctionnalités dont l'exécution nécessite l'accomplissement de différents services présents dans le système.

La gestion des services et des plans du système suppose que l'agent possède des caractéristiques telles qu'un ensemble de connaissances, de croyances, de mécanismes et de protocoles. Le tableau suivant est une synthèse des caractéristiques d'un agent d'intermédiation.

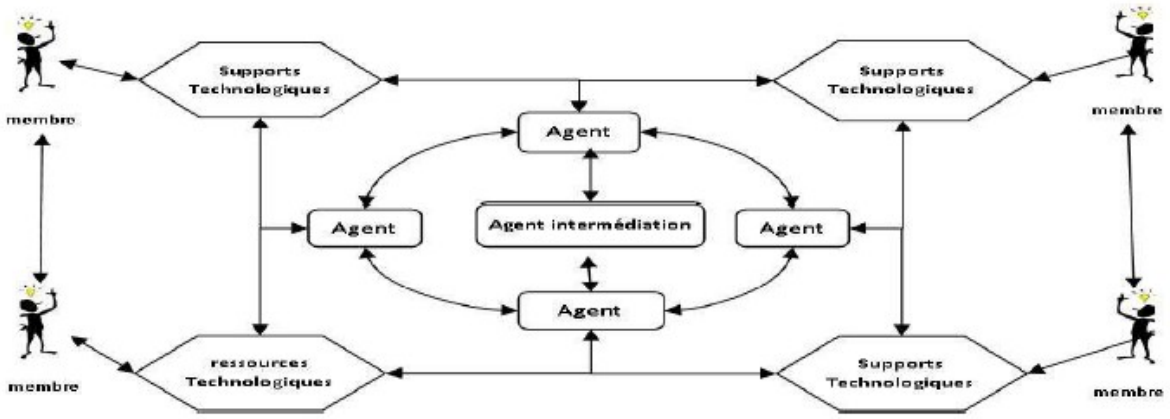
Tableau 9 : Caractéristiques d'un agent d'intermédiation

Caractéristiques de l'Agent	
Connaissances	Caractéristiques des plans gérés par l'agent Caractéristiques des services gérés par l'agent Caractéristiques des outils technologiques
Croyances	Caractéristiques sur les plans des autres agents Caractéristiques des services gérés par l'agent Caractéristiques des agents de JAIS
Mécanismes	Ajout et retrait d'un système technologique Enregistrement et retrait d'un agent du système Ajout et retrait d'un service Exécution d'un service Ajout et retrait d'un plan Exécution d'un plan déclenchement exécution plan/ service ou activité/tâche Délégation d'une activité ou tâche à un agent
Protocole	Mis à jour connaissances de l'agent Mise à jour connaissances du système Recherche d'un plan (activité) Exécution d'un plan ou d'une activité

Le modèle d'agent que nous proposons, offre des composants pour les traitements de gestion des fonctionnalités d'intermédiation. En effet, ces mécanismes sont confiés à différents agents spécifiques qui possèdent des services correspondants aux mécanismes de gestion par exemple des authentifications, des profils, de la sauvegarde des résultats des échanges, de la mise à jour des connaissances, et du contrôle du fonctionnement des mécanismes d'intermédiation.

La mise en place d'un système d'intermédiation engendre, par conséquent la création d'agent d'intermédiation (comme mentionné plus haut) et sa mise en relation avec l'ensemble des supports technologiques utilisés par les intervenants de la communauté. Outre ces aspects, une définition des *Services* correspondant aux fonctionnalités du système JAIS va être proposée. Ces agents seront ensuite mis en relation entre eux pour assurer la réalisation de l'ensemble des services du système. En s'appuyant sur l'exemple de la communauté CoPeR, les interactions au sein du système se déroulerons suivant un processus bien définit comme le montre la figure ci-dessous.

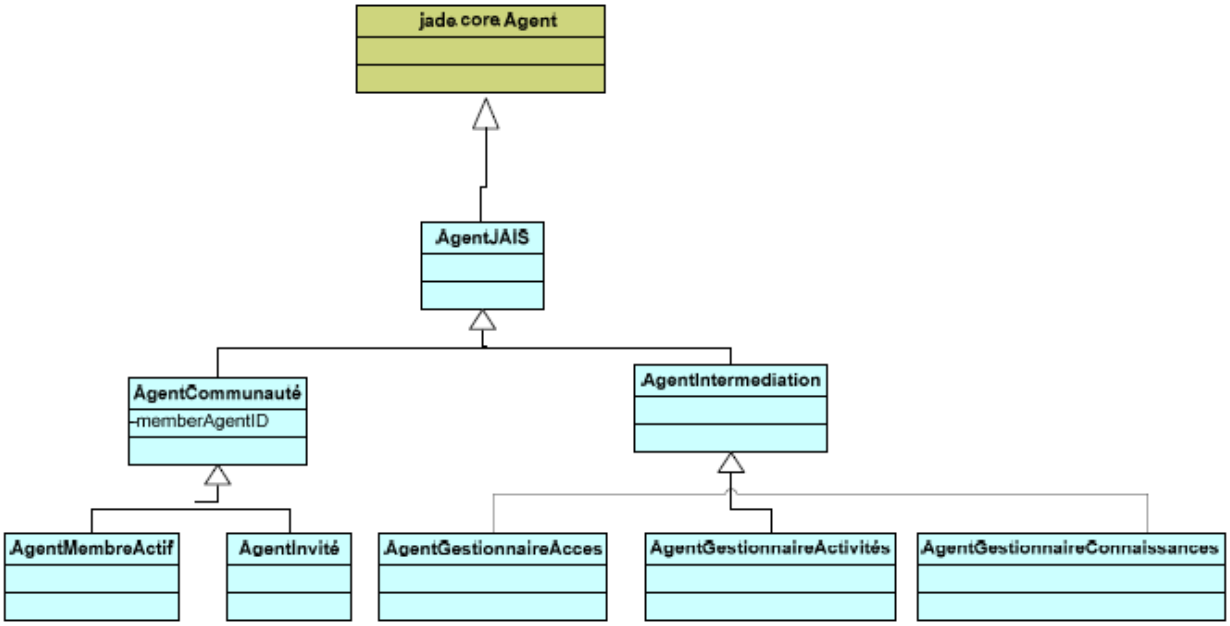
Figure 40 : Mécanismes d'intermédiation entre entités du système



Comme le montre cette figure, notre système est composé de deux types d'agents, ceux qui représentent les fonctionnalités des agents humains de la CoPs et les agents d'intermédiation spécifiés à partir des agents JADE.

Donc la classe principale de notre système est la classe JAISAgent. C'est une classe abstraite dont les différents types d'agents héritent. Nous proposons deux extensions de la classe JAISAgent: La classe ***AgentCommunauté*** et ***AgentIntermédiation.*** Ces deux différents types d'agents ont des comportements différents. La classe ***AgentCommunauté*** représentent tous les membres de la communauté des pratiques incluent dans le modèle organisationnel (niveau macro) et la classe ***AgentIntermédiation*** représentent les agents que l'on retrouve dans le niveau micro de notre système.

Figure 41: le diagramme de classes représentant les types de classe d'agent de JAIS

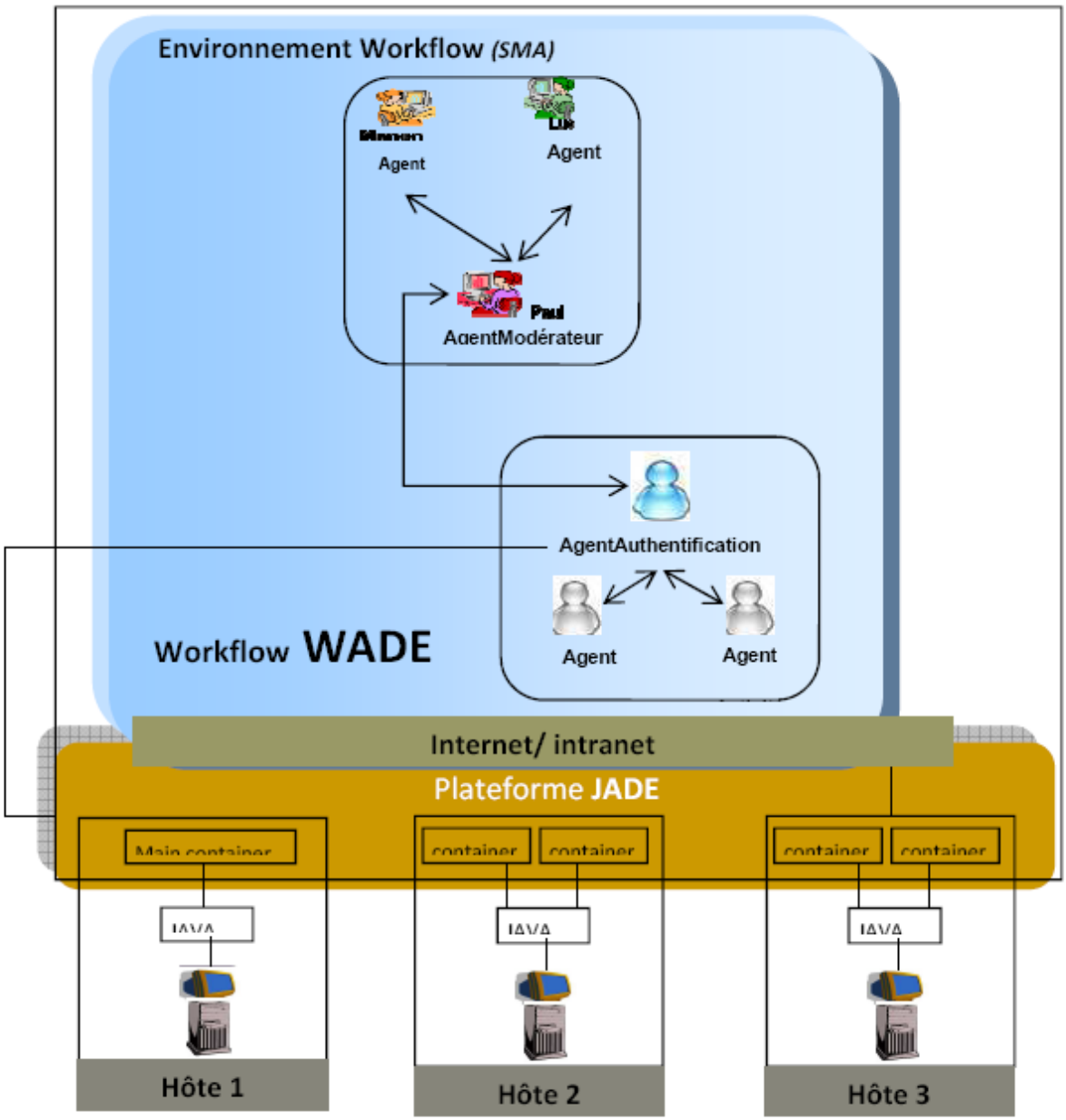


Dans jade un agent est une instance de classe Java défini par le programmeur. Cette classe est une extension d'une classe basique agent (inclus dans jade.core).Le code Java suivant représente l'implémentation de la super classe communauté (la classe MembreActif et la classe Invité).

```
public class AgentMembreActif extends Agent {
protected void setup () {
addBehaviour (new Simple Behaviour (this){
// Processing
}
}
public class AgentInvite extends Agent {
class reception extends simpleBehaviour {
// Processing
}
public reception (Agent a) {super (a) ;}
protected void setup () {
Reception myBehaviour = new reception (this);
Addbehaviour (myBehaviour);
}
}
```

Donc l'implémentation de notre architecture sous JADE est représentée dans la figure ci-dessous :

Figure 42: implémentation de JAIS sous JADE



En nous basant sur cette architecture nous implémenterons nos agents et les fonctionnalités requises pour mettre en œuvre les activités à réaliser.

4.2.1 Création et enregistrement des agents

Pour notre système les structures et méthodes suivantes vont être explicitées. Notre système comprend alors plusieurs agents distincts (Dialogue, Activité Coopératives, Connaissances, MembreActif, Invité) qui impliquent un ensemble de comportements distincts.

Si on prend **l'agentGestionnaireAccès** qui comprend **le gestionnaireAuthentification** et de **gestionnaireDialogue**, nous dirons que la structure du gestionnaire de dialogue permet ainsi d'interfacer les échanges entre les différents membres du système, cette structure est maintenue par

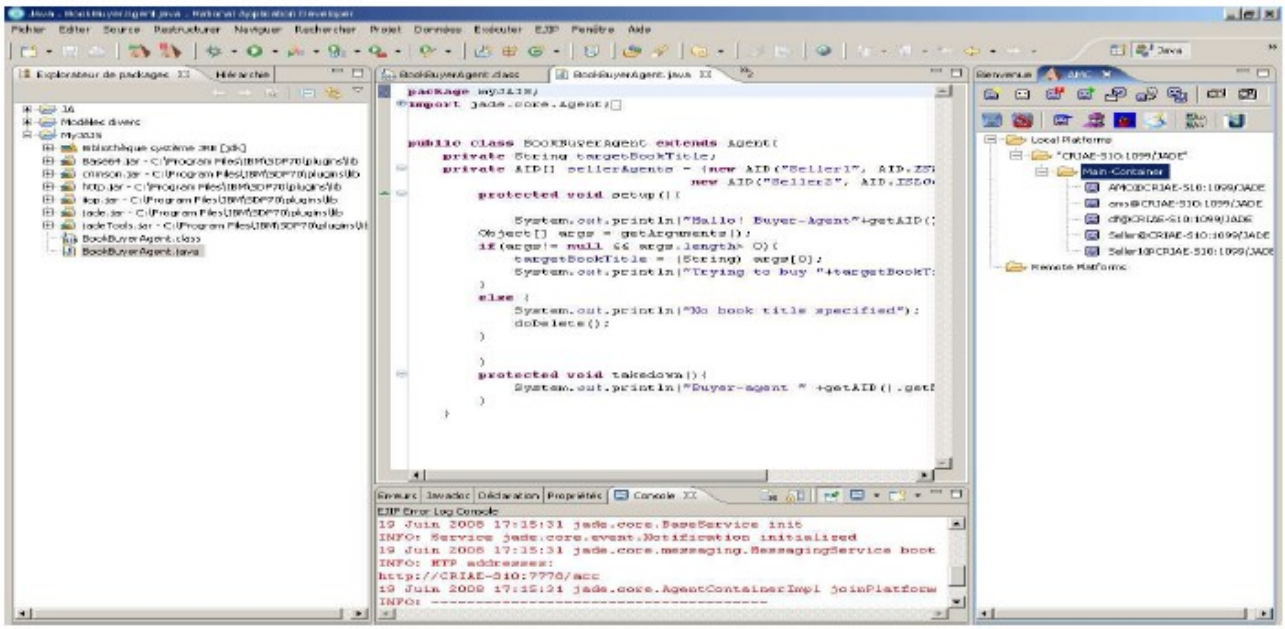
le **rôle gestionnaire de dialogue**, quant à la structure du gestionnaire d'authentification elle sert à gérer les connexions des agents dans le système, elle détermine le rôle d'un membre au sein du système, cette structure est maintenue par le **rôle gestionnaire d'authentification**.

L'agentGestionnaireConnaissances comprend le gestionnaireRessources, le gestionnaireProfil, le gestionnaireProtocoleActivité, ces trois structures sont maintenues distinctement par : le rôle gestionnaire de ressources et permet de savoir quelle types de ressources sont présentées dans le système et à quelle type d'activités elles peuvent être appliquées, on a aussi le gestionnaire de profil dont la structure est maintenue par le rôle gestionnaire de profil il fournit des informations sur tel ou tel type d'utilisateur, puis le gestionnaire de protocole d'activité maintenue par le rôle gestionnaire de protocole d'activité, c'est lui qui définit avec l'aide du modérateur le protocole de chaque activité. La structure du gestionnaire de connaissances est maintenue par ses trois rôles.

L'**agent gestionnaireActivitésCoopératives** dont la structure est maintenu par le rôle gestionnaire d'activités coopératives.

L'agentMembreActif dont la structure est maintenu par le rôle modérateur, rôle expert, rôle utilisateur Un exemple de création d'un agent

Figure 43: exemple de création d'un agent sous JADE



4.3 « Agentification » des fonctionnalités de gestion des traitements des services des Agents du système.

« L'agentification » des fonctionnalités de gestion des traitements des activités des agents du système via les supports technologiques, correspond aux mécanismes nécessaires à l'utilisation de ces traitements à travers le système d'intermédiation. La mise en place de ces mécanismes nécessite un modèle permettant de représenter et d'accéder à ces fonctionnalités.

Comme nous l'avons mentionné l'agent en plus des connaissances et croyances est dotés d'un ensemble de mécanismes et de protocoles nécessaire à l'exécution ou aux traitements de ses tâches ou activité. Ainsi nous désignons par *service* l'ensemble traitements à réaliser au sein du système d'intermédiation, un traitement (ajouter un agent, élaborer une procédure/définir un protocole/ définir un plan (retirer une activité, créer une activité, résoudre une activité etc…), etc.).Un *service* est réalisé en exécutant un traitement envoyé à travers un système technologique relié à un agent. Chaque *service* est caractérisé par un identifiant permettant de le différencier des autres *services*, les variables nécessaires à son fonctionnement, les conditions pour lesquelles il doit être exécuté.

Les agents d'intermédiation sont en charge de l'ensemble des *services* adressés via les supports technologiques auxquels il est relié. Chaque agent du système est informé sur les *services* que les autres agents possèdent. Les agents peuvent faire recours aux autres agents pour réaliser ou exécuter un *service*, mais aussi veiller à déclencher automatiquement le *service* si les conditions devant entraîner son exécution sont réunies. Les informations, les mécanismes et les protocoles de gestion des *services* doivent permettre la mise en œuvre de ces fonctionnalités.

Les connaissances de l'agent sont l'ensemble des *services* correspondant aux activités attendues par les membres à travers les outils technologiques auxquels ils sont reliés et les croyances sont l'ensemble des *services* disponibles au sein du système. L'agent possède quatre mécanismes nécessaires à la gestion des *services* :

2) *Un mécanisme d'ajout d'un service propre à gérer la saisie de l'information nécessaire à l'utilisation du service mais également déclencher les protocoles correspondants.*

3) *Un mécanisme de retrait d'un service qui doit mettre à jour les connaissances de l'agent et déclencher les protocoles chargés de la mise à jour du système.*

4) *Un mécanisme d'exécution d'un service chargé d'envoyer au système ou aux membres à travers le support technologique les informations nécessaires, puis de récupérer le résultat de l'exécution.*

En plus de cela la notion de *plan* est introduite, un *plan* est défini par un identifiant permettant de le différencier des autres *plans*, chaque *plan* est composé d'un ensemble d'*activité* composé lui-même par un réseau de *tâches* correspondant à l'ensemble des traitements nécessaires à sa réalisation et des conditions devant entraîner l'exécution de ce plan. Une *activité* est composée d'un ensemble de paramètres permettant d'identifier un traitement correspondant à ses objectifs, d'un protocole qui détermine la séquence d'exécution des tâches. Les connaissances de l'agent sont l'ensemble des plans dont il a la charge et les croyances sont les plans présents dans le système.

5) *Un mécanisme d'ajout d'un plan, qui doit gérer la saisie de l'information nécessaire à l'utilisation du plan mais aussi déclencher les protocoles correspondants.*

6) *Un mécanisme de retrait d'un plan, qui doit mettre à jour les connaissances de l'agent et déclencher les protocoles chargés de la mise à jour du système.*

7) *Un mécanisme d'exécution d'un plan qui est chargé d'associer à chaque tâche du plan un service présent dans le système et d'ordonnancer leur exécution.*

Les protocoles de gestion des *services* doivent permettre d'assurer l'accès au *service* par l'ensemble des acteurs connectés au système d'intermédiation. Trois protocoles sont requis :

1) *Un protocole de gestion de la mise à jour des connaissances des agents sur les services du système. Il consiste à informer l'ensemble des agents dès lors qu'un nouveau service est associé à un agent ou bien si un service devient indisponible.*

2) *Un protocole de recherche d'un service particulier. Il s'agit d'un protocole visant à rechercher dans le système un service remplissant un ensemble de conditions.*

3) *Un protocole de gestion de la demande d'exécution d'un service présent dans le système. Il s'agit d'un protocole permettant l'échange d'information nécessaire entre l'agent désirant exécuter un service et l'agent propriétaire du service.*

L'ensemble des connaissances, des mécanismes et protocoles doit permettre d'étendre la visibilité des services offerts par le système communautaire à l'ensemble du réseau d'intermédiation.

Les protocoles de gestion des plans doivent coordonner les échanges entre les différents agents participant à l'exécution d'un plan :

Un protocole de gestion de mise à jour des connaissances des agents sur les plans du système. Il consiste à informer l'ensemble des agents dès lors qu'un plan est associé à un agent ou bien si un plan devient indisponible.

4) *Un protocole de recherche d'un plan particulier. Il s'agit d'un protocole visant à rechercher dans le système un plan remplissant un ensemble de conditions.*

5) *Un protocole de gestion de demande d'exécution d'un plan. Il s'agit d'un protocole permettant l'échange d'informations nécessaires entre l'agent désirant exécuter le plan et l'agent demandeur.*

6) *Un protocole de gestion d'élaboration du nouveau plan.*

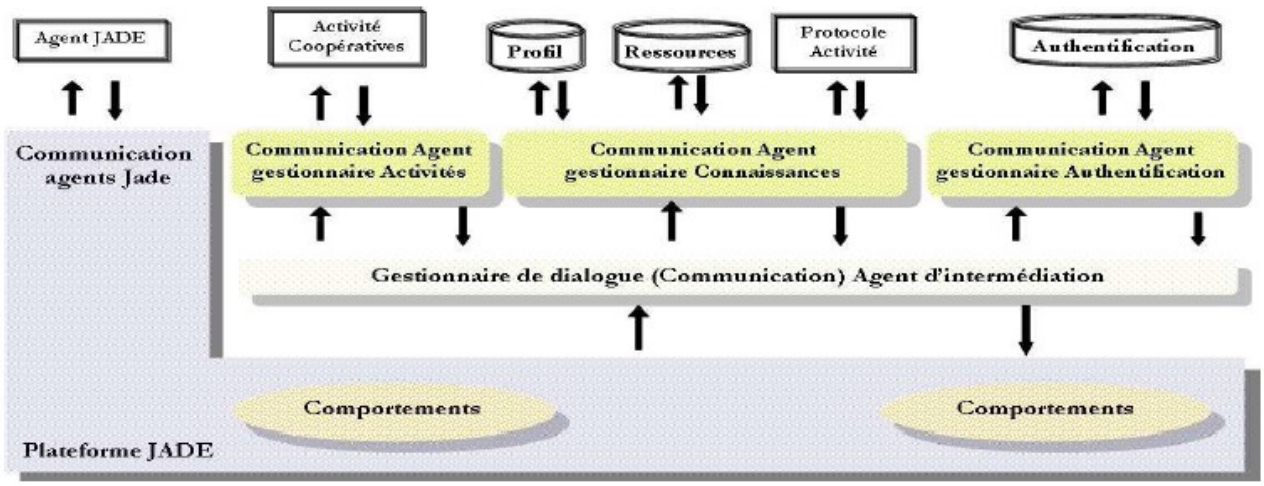
En plus de cela des fonctionnalités de gestion de l'accès à ces services et plans, des processus de sauvegarde de résultats de l'exécution des plans et services vont être définis à travers des agents responsables de ces fonctionnalités.

4.4 Communication et Comportements entre les agents d'intermédiation et l'agent JADE

L'établissement d'interactions entre l'agent et les agents d'intermédiation à travers les outils technologiques va être géré à travers les services. A cet effet, une architecture est présentée, elle contient un dispositif d'échange d'information générique, indépendant de la nature de l'information et des dispositifs technologiques. Un ensemble d'entités chargé de gérer les mécanismes de communication spécifiques aux différents types de systèmes technologiques est ainsi associé.

Le dispositif d'échange d'information vise à gérer les différents mécanismes pour l'émission et la réception de messages entre un agent et les agents d'intermédiation et ceux indépendamment de la nature du dispositif. Son fonctionnement repose sur la classe ***AgentCommunicationCenter*** **(ACC)** qui a pour rôle de servir d'interface entre les comportements de l'agent et les agents d'intermédiation, la liaison est assurée par autant d'instance de *Service* que d'agents. Le fonctionnement de l'ACC repose sur un ensemble d'attributs : la liste des *Services* qui correspond à l'ensemble des fonctionnalités détenues par chaque agent de JAIS. Et la classe *Service* est une classe abstraite permettant de définir les mécanismes de transmission de message entre l'ACC et un agent d'intermédiation via l'outil technologique. Les fonctionnalités de la plateforme JADE autorisent l'échange de messages entre agents et la programmation de protocoles à l'aide des différents types de comportements.

Figure 44: Architecture dispositif de communication (inspiré de Rigaud 2002)



La gestion de la communication de l'agent avec son environnement va nécessiter comme le présente la figure, de définir des comportements, des protocoles et l'environnement de l'agent c'est-à-dire les informations que détient l'agent sur les autres agents du système pour arriver à gérer entre autres les connaissances, les ressources documentaires possédées par les différents agents du système.

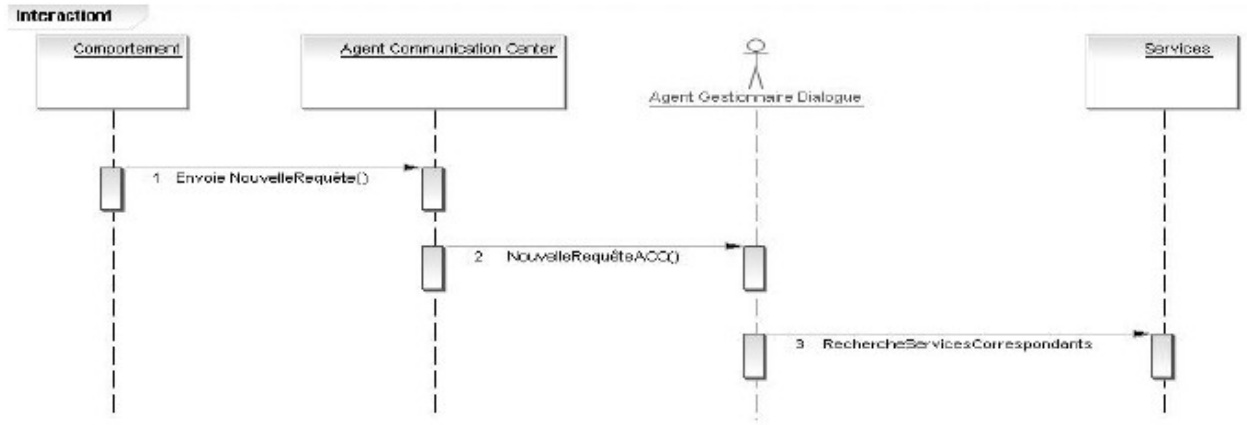
4.4.1 Protocoles et Comportements

Comme vu précédemment, on définit dans JADE plusieurs types de comportements. Dans notre cas les comportements que nous retenons sont : SimpleBehaviour (Cyclic : Attente d'un message et OneShot : Exécution d'une action).

A travers des méthodes telles que nouvelle requête *(NouvelleRequête)*, elle permet de déclencher le processus d'envoi de requête à l'agent concerné. Ainsi les échanges de messages entre les agents du système se déroulent de la manière suivante :

- Si le comportement de l'agent requiert qu'une nouvelle requête soit envoyée vers un autre agent, la méthode *NouveauMessage* de l'ACC est déclenchée avec le message à transmettre, celle-ci parcourt l'ensemble des agents enregistrés auprès de l'ACC via **l'agentGestionnaireDialogue** pour rechercher l'agent détenant la capacité de pouvoir répondre à la requête.

Figure 45: Situation de transmission de message entre agents d'intermédiation



La mise en œuvre des protocoles sur la base de l'architecture multi-niveaux développée dans le chapitre 3 s'effectuera par la programmation des messages et des comportements en utilisant les mécanismes offerts par la plateforme JADE.

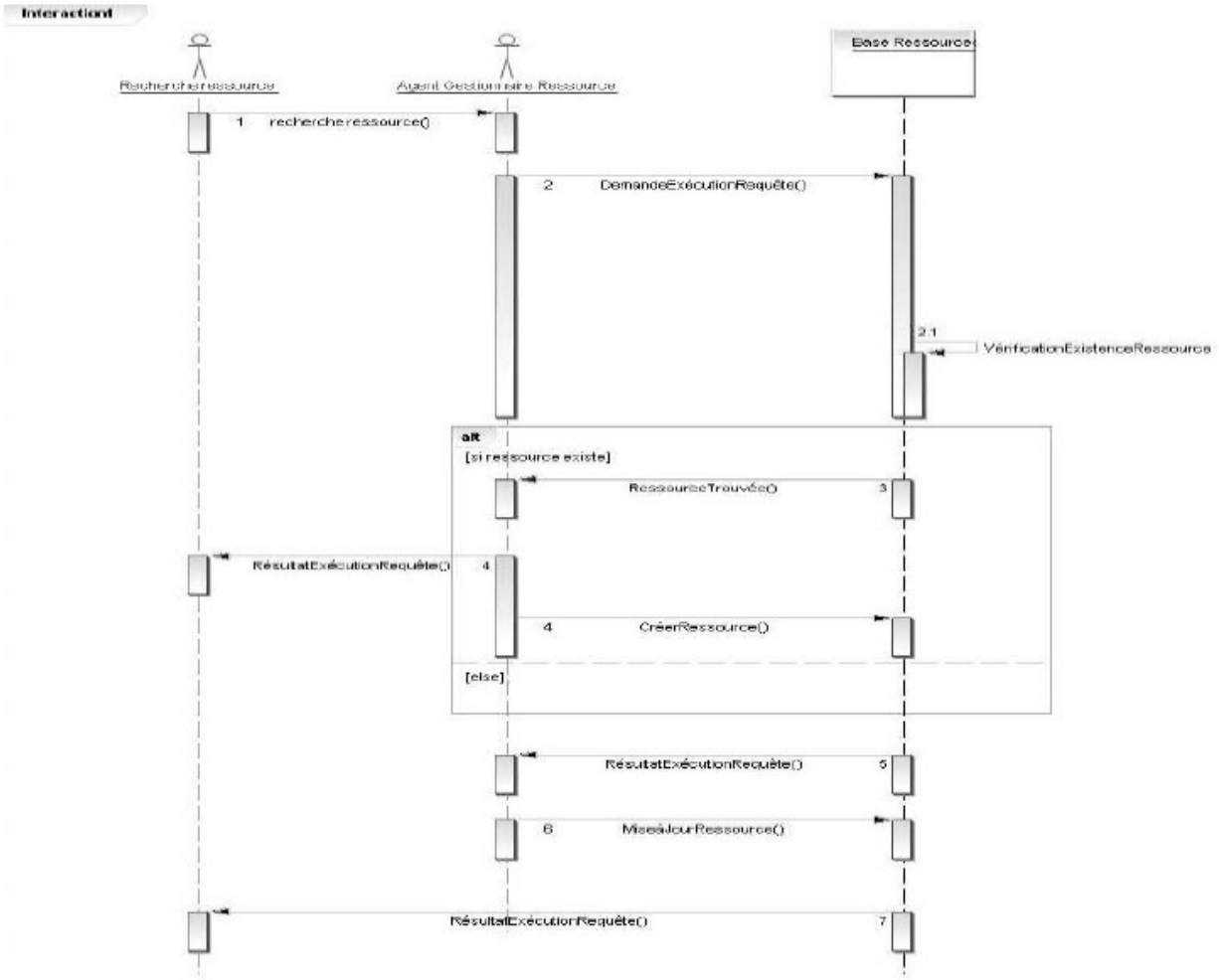
4.1.1.1 Comportements gestion des ressources

La gestion des ressources dans le système s'opère à travers trois comportements ces comportements sont déclenchés lorsque le système reçoit un type de message. Ces comportements sont :

- Le comportement **RechercheRessources:** ce comportement est déclenché lorsqu'un message *VérificationRessource* est reçu par l'agent concerné. Celui-ci vérifie si une ressource nécessaire à l'exécution d'une activité existe ou pas**.**
- Le comportement **CréeRessource:** ce message est déclenché lorsqu'on s'aperçoit que la ressource nécessaire à l'exécution d'une activité n'existe pas, alors un message créer ressource est envoyé à l'ensemble des membres afin que soit crée des ressources relatives au problème posé.
- Le comportement **RésultatExécutionRequête:** ce message transmet les résultats de la requête précédente.

Pour illustrer le fonctionnement des processus de gestion des ressources, un exemple est présenté, cet exemple permet ainsi de d'aborder ma succession des actions des agents. L'illustration des échanges entre les différents agents et le comportement déclenché lors de la réception d'un message à l'aide des diagrammes de séquences UML.

Figure 46: diagramme de séquence du comportement enregistre ressources entre agents d'intermédiation



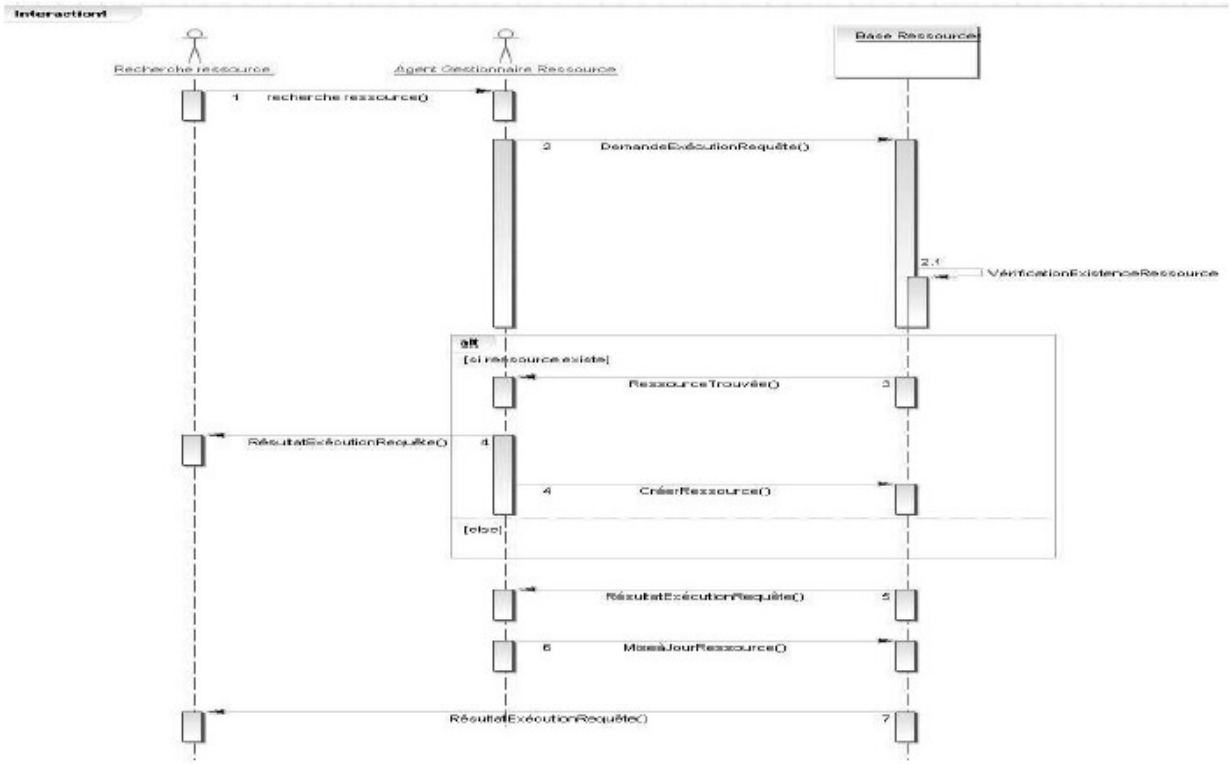
4.1.1.2 Comportements gestion des activités

Ces comportements se traduisent à travers divers types activités dans le système, ces comportements sont :

- Comportement **MiseàJourActvités** : ce comportement est déclenché lorsqu'un message miseàjourActivité est déclenché. Ce message est envoyé pour demander la mise à jour du protocole d'une activité.
- Comportement **stockeActivités** ce message est déclenché lorsqu'une nouvelle ressource est crée.
- Comportement **ArchiveRessources :** ce message est déclenché lors de la réception d'une demande d'archivage d'une ressource dans la base ressource.
- Comportement **déclencheActivité :** ce comportement est déclenché lorsque le modérateur envoie un message **déclenchementActivitécoopérative** à l'agent gestionnaire de dialogue pour lancer la réalisation d'une activité coopérative.

Pour illustrer le fonctionnement des processus de gestion des ressources, un exemple est présenté. Cet exemple permet ainsi d'aborder la succession des actions des agents. L'illustration des échanges entre les différents agents et le comportement déclenché lors de la réception d'un message à l'aide des diagrammes de séquences UML.

Figure 47: interactions de gestion des activités



4.1.1.3 Comportements gestion des profils

La gestion des profils dans le système s'opère à travers deux comportements ces comportements sont déclenchés lorsque le système reçoit un type de message. Ces comportements sont :

- Comportement **DéfinitProfil** il est déclenché à la réception d'un message **DemandeCréationProfil**, le modérateur transmet via le **gestionnaire de dialogue** les informations nécessaires à la création du profil demandé.
- Comportement **AttribueIdentifiant,** il déclenché lorsque le **gestionnaire d'authentification** procède à la création des identifiants de connexion du nouvel agent ou membre.

4.1.1.4 Comportements gestion des agents d'intermédiation et des agents membres

La gestion des agents dans le système s'opère à travers trois comportements ces comportements sont déclenchés lorsque le système reçoit un message spécifique. Ces comportements sont :

- Comportement **EnregistrementAgent**, contient les différentes actions à mener lors de la réalisation d'une demande d'un agent à intégrer le système. Il est déclenché lors de la réception d'un message **DemandeEnregistrement,** il met ainsi à jour la base de connaissance de l'agent avec les informations sur le nouvel agent.
- Comportement **EnregistrementNouvelAgent** correspond aux différentes actions déclenchées lors de la réception du message ***InformationsNouvelAgent/membre*** c'est-à-dire la mise à jour de la base de connaissance de l'agent et du modérateur avec les informations sur le nouvel agent.
- Comportement **EnregistreInformationsDuSystème** est déclenché lors de la réception du message ***InformationDuSystème*** et permet de remplir la base de connaissance de l'agent.

4.1.1.5 Comportements gestion de protocoles d'activités

La gestion de protocole des activités dans le système s'opère à travers deux comportements ces comportements sont déclenchés lorsque le système reçoit un type de message. Ces comportements sont :

- Comportement **MiseàjourActivité**
- Comportement **RequêteServices**, est déclenché lors de la réception du message **demandeExécutionService**. Ce service peut porter sur la mise à jour du protocole d'activités c'est-à-dire du protocole de réalisation d'une ou de plusieurs activités données. Il peut aussi s'agir de la mise à jour ou de la création d'une activité.
- **DemandeExécutionService** (nom du service), ce comportement est déclenché pour demander à un agent d'exécuter une activité ou tâche spécifique en rapport avec une activité réelle. Une réponse positive est envoyée lorsque la tâche peut être exécutée par l'agent sollicité, ou négative si l'agent ne peut répondre à la requête.
- **RésultatExécutionService** (résultats), ce message permet de transmettre les résultats de la demande précédente.

4.5 Protocoles et gestion des interactions

La mise en œuvre des protocoles de gestion des interactions de l'agent conduit à la définition des messages échangés entre différents agents du système, soit pour l'ajout ou le retrait d'un agent. Un

message est constitué d'informations qui vont être utilisées pour accomplir un nombre de traitements par l'agent.

4.5.1 Protocole d'ajout d'un agent

Si on prend le cas du traitement du **protocole d'ajout d'un agent** dans le système, Le protocole d'ajout d'un agent est déclenché lorsqu'un nouvel agent est rajouté au système JAIS. Pour cela, il adresse un message d'ajout à l'agent servant d'entrée au système. Les étapes d'ajout sont les suivantes :

1. Enregistrement du nouvel agent
2. Envoi au nouvel d'agent des informations concernant l'ensemble des agents et des variables d'environnement du système
3. Envoi à chaque agent du système des informations concernant le nouvel agent.

Si on prend le cas du traitement du **protocole de retrait d'un agent** dans le système, ce protocole peut concerner soit un agent de la CoPs qui décide de ne plus appartenir à la communauté. Ce protocole est déclenché lorsqu'un agent adresse un message de demande de retrait ou bien si l'agent ne respecte plus les conditions pour faire partie de la communauté. Ce protocole se décompose en deux étapes :

1. Retrait des informations concernant l'agent à retirer dans la base profil
2. Envoi à chaque agent du système sur le profil de l'agent à supprimer

4.5.2 Message d'ajout/ retrait d'un agent

Le protocole d'ajout repose sur trois messages :

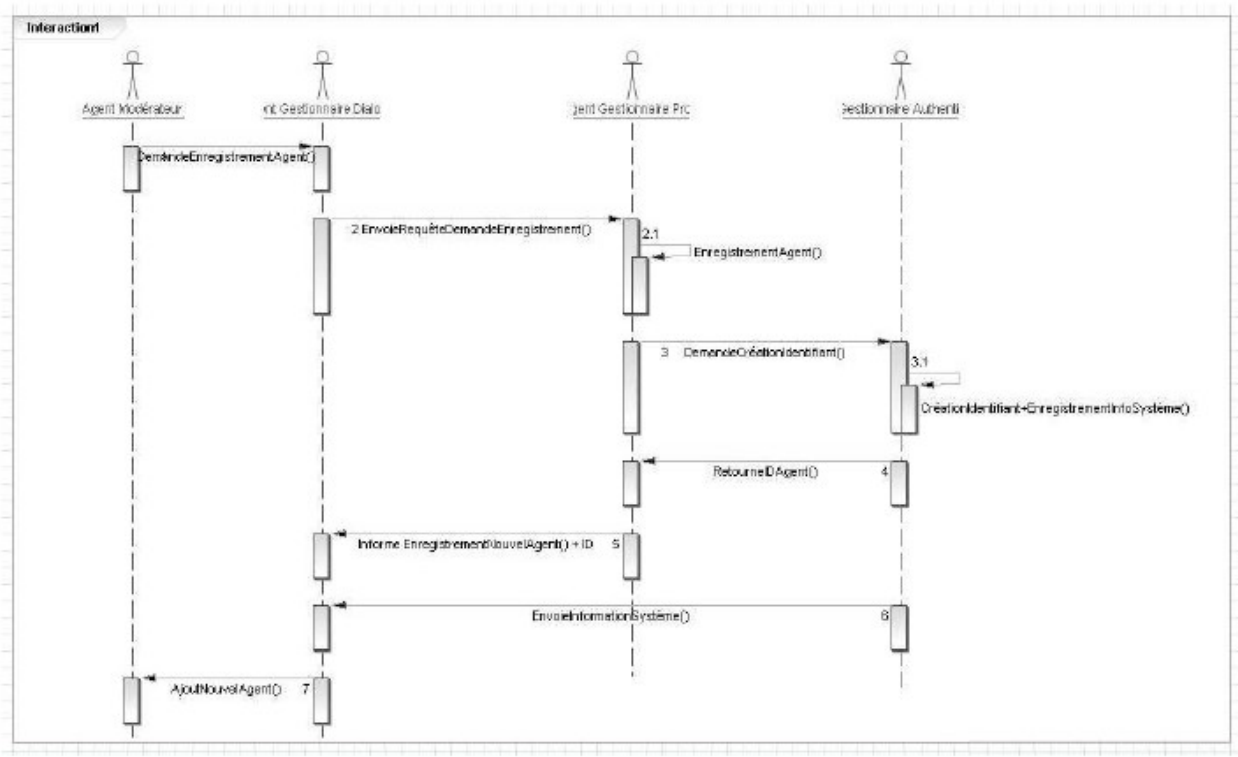
- **DemandeEnregistrement** ce message est envoyé par **l'agent modérateur** à **l'agent gestionnaire profil** via **l'agent gestionnaire de dialogue** pour qu'un agent soit ajouté au système en fonction des critères suivants : Nom de l'agent, son rôle, sa description, ses compétences pour définir la partie statique de son profil, en retour **l'agent gestionnaire de dialogue** reçoit la confirmation de l'enregistrement de l'agent et transfère l'information à **l'agent modérateur**.
- **InformationSystème** ce message est envoyé par **l'agent gestionnaire d'authentification** à **l'agent gestionnaire de dialogue** pour informer le nouvel agent des activités de la communauté.

- **InformationNouvelAgent** ce message est envoyé par **l'agent gestionnaire de dialogue** à chaque agent du système pour informer de l'inscription d'un nouvel agent.

Pour illustrer le fonctionnement des processus de gestion d'ajout d'agent, un exemple est présenté. Cet exemple permet d'aborder la succession des actions des agents. L'illustration des échanges entre les différents agents et le comportement déclenché lors de la réception d'un message à l'aide des diagrammes de séquences UML.

Ce scénario vise à illustrer les mécanismes d'ajout d'un agent dans le système.

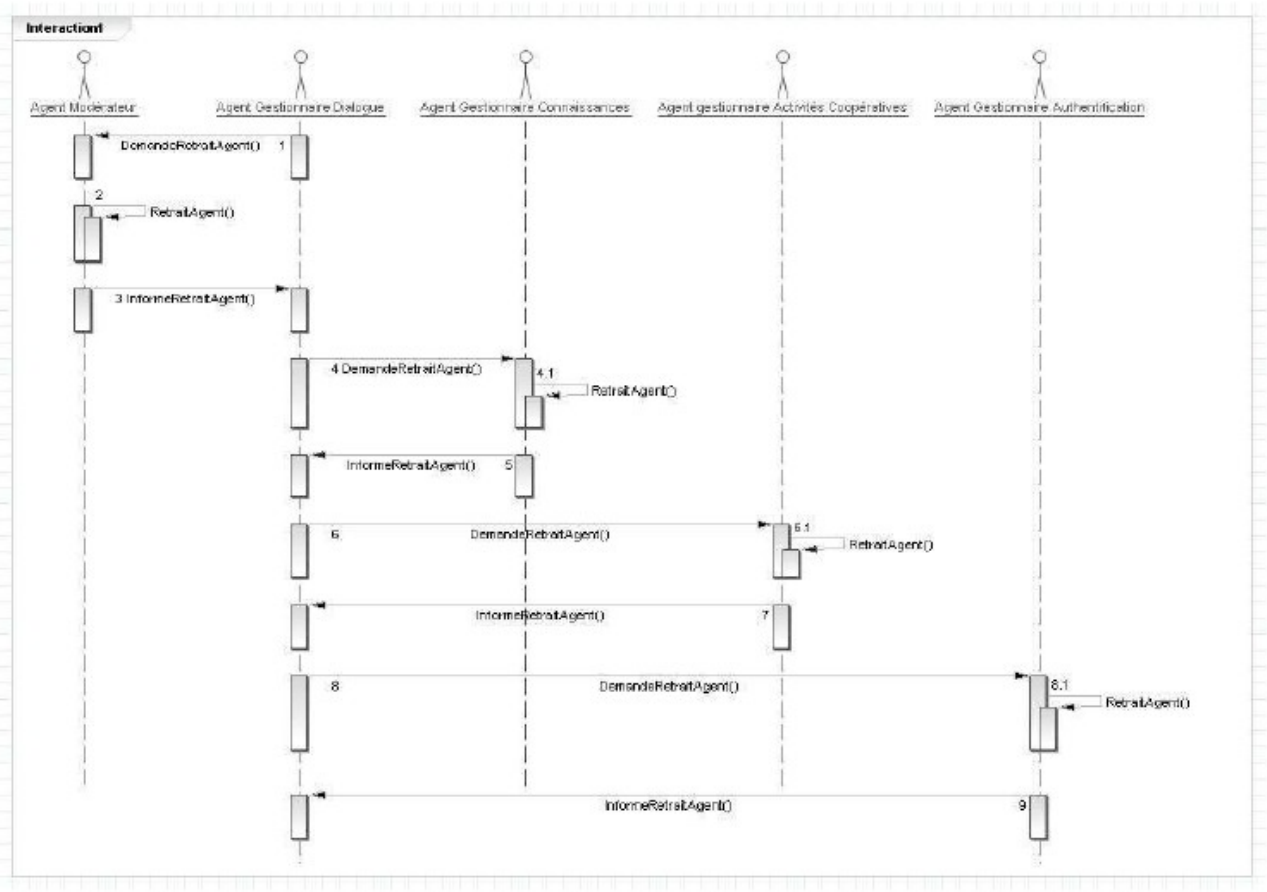
Figure 48: interactions d'ajout d'un agent



Si l'on souhaite **retirer un agent** du système deux messages sont envoyés :

- **DemandeRetraitAgent** ce message est envoyé à **l'agent gestionnaire de dialogue** pour signaler le retrait d'un agent du système.
- **RetraitAgent** ce message est envoyé par **l'agent gestionnaire de dialogue** à l'ensemble des agents du système pour leur demander le retrait de cet agent dans leur base de connaissance.

Figure 49: interactions retrait d'un agent



La gestion de ces messages par un agent JADE doit déclencher un comportement contenant les opérations nécessaires à la réalisation du protocole correspondant.

4.5.3 Protocole de gestion du service (Activité, tâches)

La mise en place des mécanismes de gestion des services peut induire la définition de protocoles visant à ordonnancer les échanges de messages et le déclenchement de traitements, pour cela deux protocoles peuvent être nécessaires : un protocole de gestion de la demande d'exécution d'un service par un agent du système et un protocole de gestion du déclenchement automatique d'un service. Le protocole de gestion de l'exécution d'un service s'active lors de la réception d'un message de demande d'exécution d'un service. Le processus correspondant est composé de cinq étapes :

- **Première étape :** Test d'existence du service. Si le service n'est pas disponible un message est transmis à l'émetteur de la requête l'informant de l'impossibilité d'exécuter le service sinon le protocole continue,
- **Seconde étape :** Récupération des paramètres d'exécution du service. Des messages sont transmis à l'émetteur de la requête pour lui demander les paramètres nécessaires à l'exécution,

- **Troisième étape :** Envoi de message à l'agent gestionnaire de dialogue via le modérateur pour l'exécution du service pour déclencher le traitement,
- **Quatrième étape :** Dès réception des résultats de l'exécution du service ceux-ci sont envoyés à l'agent émetteur ayant demandé l'exécution du service,
- **Cinquième étape :** Si l'exécution du service modifie une variable de l'environnement un message est transmis à l'ensemble des agents pour qu'ils mettent leurs connaissances à jour.

A titre d'illustration nous proposons le **scénario 1** suivant :

1) L'agent membreActif (modérateur) envoi une requête à l'agent protocole Activité pour créer une nouvelle activité.

2) Un message est envoyé au modérateur pour obtenir les paramètres de la requête.

3) L'agent protocole activité envoi une requête pour vérifier si la ressource existe

4) Si la ressource n'existe pas :

a. Alors l'agent protocole activité demande de la créer

b. Sinon

5) une activité est crée pour la ressource donnée.

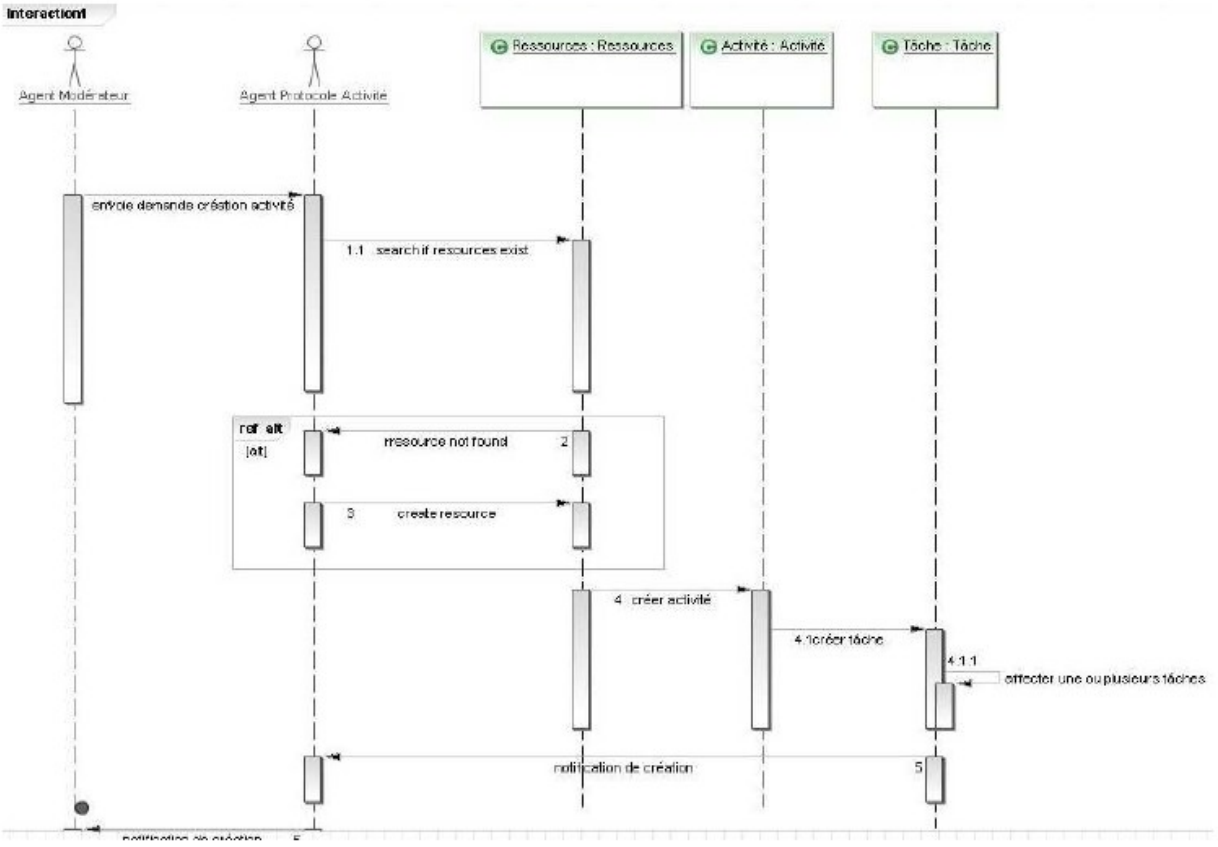
6) A cette Activité une ou plusieurs tâches sont affectées.

7) Une notification est envoyée à l'agent protocole d'activité pour informer de la création de l'activité.

8) A son tour il en informe l'agent membreActif (modérateur).

9) Fin

Figure 50: scénario de création d'une nouvelle Activité

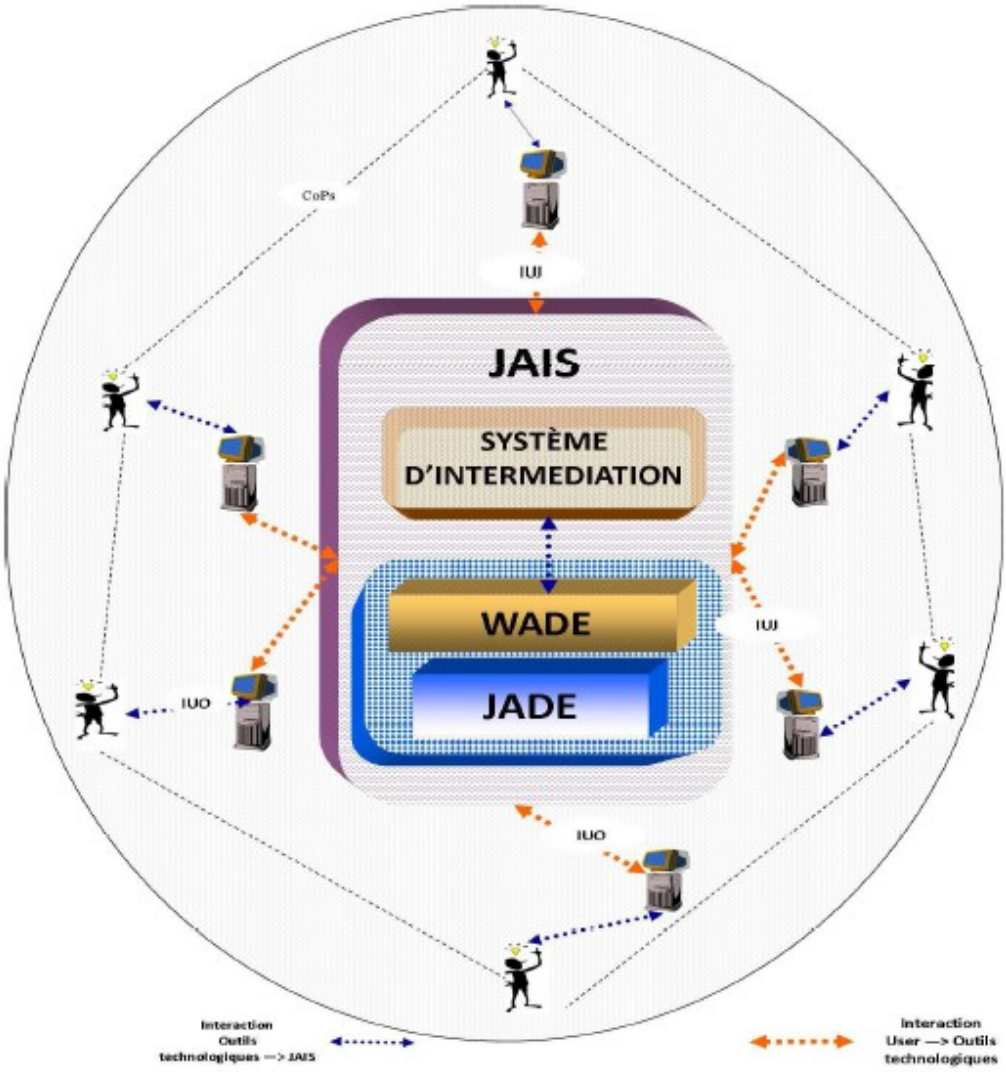


5. Le système d'intermédiation pour les CoPs

Le processus de réalisation d'un prototype d'intermédiation pour les CoPs prend en considération les objectifs des acteurs de la CoPs. Les mécanismes de fonctionnement reposent sur des processus d'échange d'informations (échanges entre les intervenants ISPJ et l'animatrice). L'accomplissement des objectifs de la communauté de pratiques repose sur des traitements qui doivent être fournis par les supports technologiques constituant la CoPs.

Le but de cette section est de présenter plus en détail comment le concept d'agent cognitif peut être appliqué. Tout d'abord nous présentons l'architecture du système JAIS comme nous le montre la figure ci-après.

Figure 51 : le système JAIS et la CoPs



Nous proposons une abstraction de l'agent qu'il soit agent humain ou logiciel, comme nous avons à faire à un système ouvert, constitué d'individus distribués ayant différentes vues du monde, se pose obligatoirement le problème de l'hétérogénéité de la connaissance.

5.1 La structure physique de JAIS

La structure physique de la communauté de pratiques est constituée de composants chargés de fournir les traitements de gestion des activités, de gestions des profils, de gestion des ressources documentaires et de gestion de l'organisation (d'interaction) avec les utilisateurs et le système d'intermédiation auquel ils doivent être reliés. La mise en liaison consiste à relier à chaque composant un agent d'intermédiation. Ainsi, la CoPs est composée de cinq groupes d'agents d'intermédiation (**l'agent gestionnaire membreActif**, **l'agent gestionnaire invité, l'agent**

gestionnaire des accès, l'agent gestionnaire des activités, l'agent gestionnaire des connaissances).

L'agent gestionnaire des accès gère deux types de rôles (le gestionnaire des dialogue qui gère les interactions entre membres du système, le gestionnaire des authentifications qui gère les connexions des membres au système) ; puis l'agent gestionnaire des activités qui gère l'ensemble des activités crées, élaborés proposées dans la CoPs

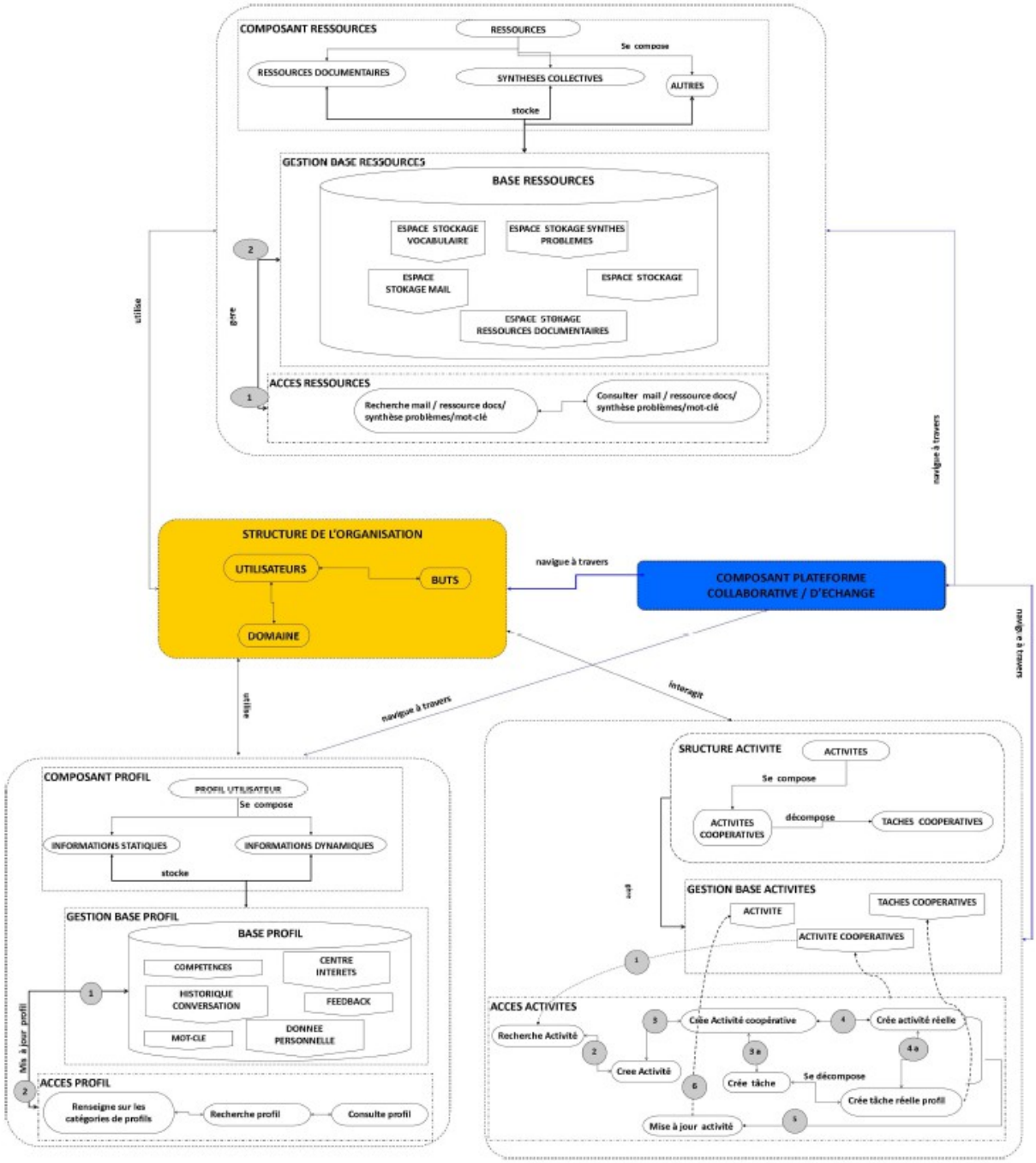
L'agent gestionnaire des connaissances gère aussi bien les connaissances échangées (mails, ressources documentaires, synthèses collectives etc.…), il peut prendre trois types de rôles : le gestionnaire des ressources documentaires, le gestionnaires des synthèses collectives ; le gestionnaire des profils. Et deux groupes d'agents du niveau organisationnel (l'agent invité et l'agent membreActif).

L'agent gestionnaire d'activité est instancié et prend en charge un type de rôle, le rôle gestionnaire d'activité, c'est lui qui gère l'ensemble des activités à élaborer, à créer, à stocker etc. dans la base activité.

L'agent gestionnaire membreActif et Invité prennent en charge les activités du modérateur, des experts, des membres de la communauté ainsi que des invités au sein du système.

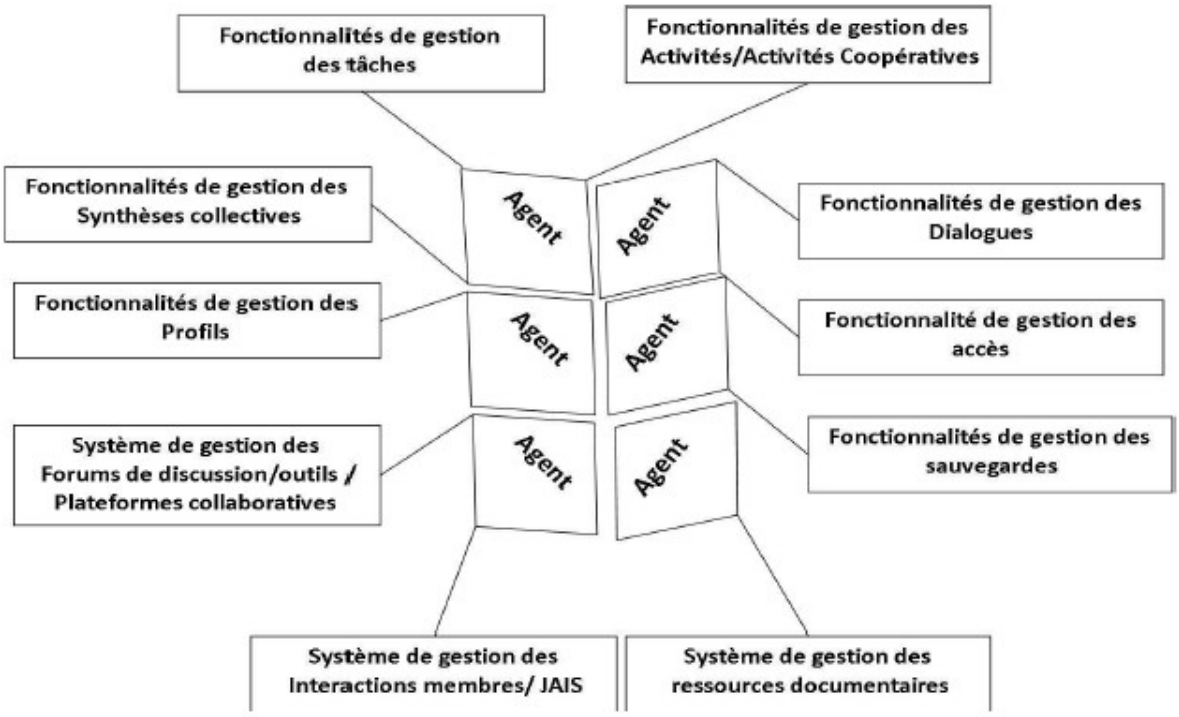
Le modèle d'intermédiation nécessite d'être supporté par la plateforme JADE, la plateforme va ainsi prendre en charge les activités de la CoPs et de ses membres. Pour cela les fonctionnalités élaborées à la fin du chapitre I ont permis de définir les spécifications du système JAIS. Ces spécifications ont été utilisées pour élaborer à partir du modèle de connaissances les structures physiques de JAIS. La figure ci-après présente la manière dont ces structures sont interconnectées:

Figure 52: Spécification des structures physiques élaborées à partir du modèle de connaissances de JAIS.



A partir de ces structures nous proposons une représentation des différents agents intervenant dans le système JAIS ainsi que leurs rôles.

Figure 53: les rôles des agents du système JAIS.



5.2 Les Objectifs de JAIS

L'analyse effectuée précédemment (cf. chapitre I) a permis de caractériser les éléments structuraux nécessaires pour mettre en œuvre une CoPs dont la finalité serait de motiver ou d'inciter les participants à une communauté de pratiques aux pratiques de partage, d'entraide, d'échange pour faire émerger des connaissances dans leur domaine de pratiques professionnelles. L'objectif de cette section est de détailler les caractéristiques d'un prototype de JAIS. Après avoir présenté ces objectifs, une démarche d'identification du rôle des acteurs et des traitements devant être fournis par le système est décrite.

L'ensemble des fonctionnalités d'un système de gestion des activités collectives d'une CoPs a été identifié elles sont rappelées pour mémoire :

- Disposer d'une **Base documentaire**,
- Définir un **domaine d'activités**,
- Définir **les différents Rôles et des profils** au sein du système,
- Définir un ensemble d'**Activités dites coopératives** desquelles découlent des **Tâches coopératives**,
- Identifier et définir un **Protocole d'activités** susceptible d'aider à la réalisation de l'activité,
- Définir les règles et les processus de **Gestion des droits d'accès**,

- Construire une **Base Profil utilisateur**,
- Construire un **vocabulaire partagé** à partir des échanges entre participants de la CoPs.

Le processus de réalisation du système JAIS prend en considération les objectifs aussi bien de la communauté que des acteurs ce qui nécessite de gérer un ensemble de traitements liés à leur cette communauté. Les mécanismes inhérents à la création et l'émergence des connaissances reposent sur des processus d'échange d'informations, de résolution de problème ou d'entraide. Pour cela les traitements de gestion de ces activités requièrent du système une capacité à pouvoir gérer de manière intelligente l'ensemble des problématiques des acteurs de la CoPs.

Le passage du modèle de la communauté de pratiques à un modèle à base d'agents commence par la modélisation de chaque acteur du système. Ce passage nécessite les spécifications d'un support d'aide à une CoPs. L'application d'intermédiation à modéliser va mettre en œuvre les fonctionnalités techniques, dont les fonctionnalités sont les suivantes :

A. Un composant base Ressource : Ce composant sert à sauvegarder la partie formalisable du répertoire partagé.

B. Un composant base Protocoles d'activités /Activités coopératives/tâches coopératives : Au sein des protocoles d'activités sont définit les processus (étapes) par lesquelles les activités vont être exécutées par les membres de la communauté, les étapes de décomposition de l'activité, le type de connaissances ou de compétences à mobiliser. Ainsi cela permet plus facilement d'attribuer une activité à un agent pour la réaliser.

C. Un composant base d'authentification : cette base d'accès contient les identifiants de chaque membre en lien avec son profil, ainsi que les règles de gestion de chaque droit.

D. Un composant base Profil utilisateur : Ce composant contient une liste des profils des membres de la CoPs qui sont enregistrés comme utilisateurs.

E. Un outil ou la plateforme collaborative : Il peut s'agir de plateformes collaboratives (SweetWiki, CommKnowledge). Ces plateformes sont pour la plupart dotées d'un ou de plusieurs forums plus ou moins formels au sein desquels les membres de la CoPs peuvent discuter de différents sujets. C'est surtout dans ce cadre que les personnes échangent des expériences (à travers des récits (*« storytelling »*) ou par simple envoi de demande d'information ou d'aide).

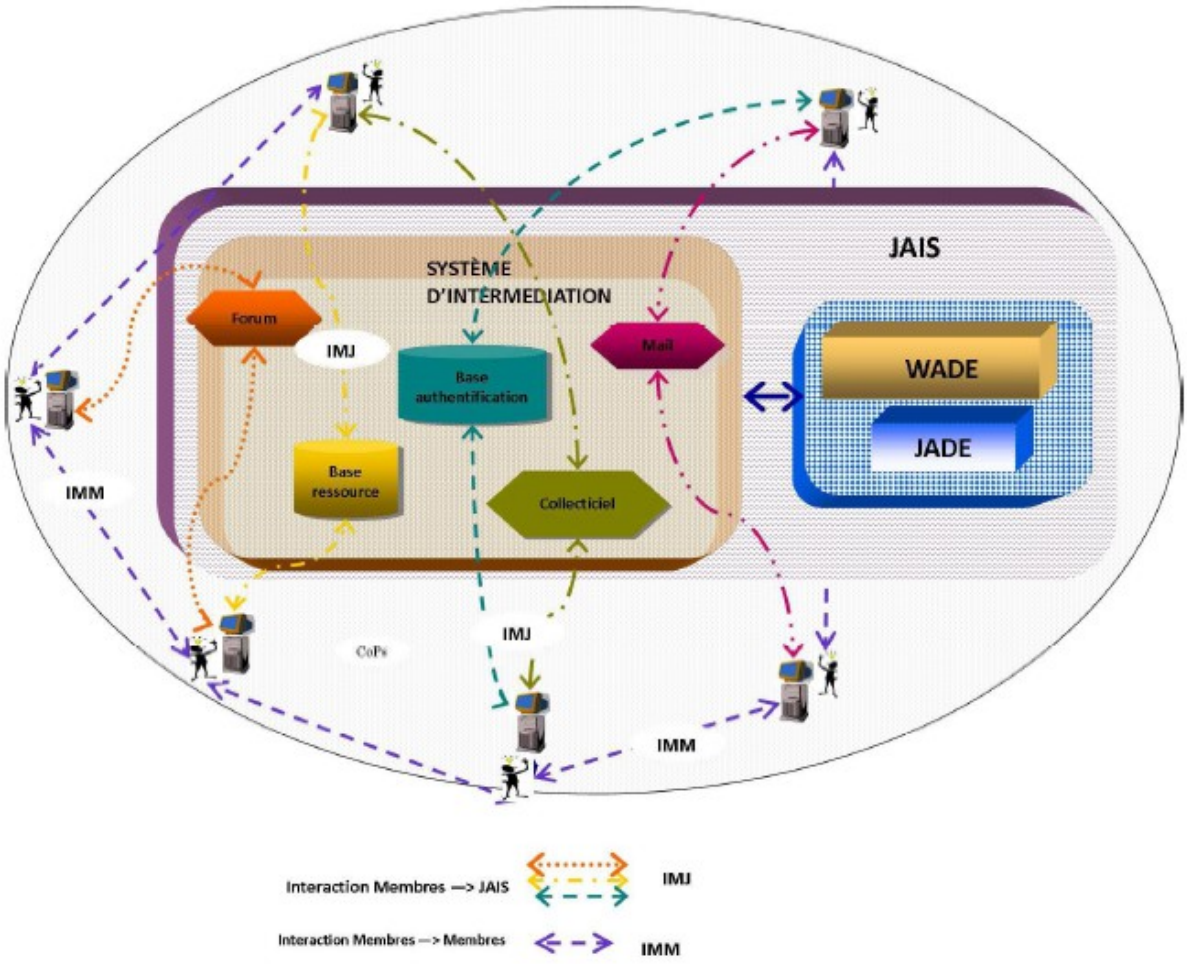
F. Un composant d'échange : Ce composant permet aux membres de communiquer entre eux et entre le système et eux à travers différents canaux (communication directe asynchrone entre des membres qui envoient des messages directement aux destinataires qu'ils souhaitent contacter ; ou communication indirecte asynchrone entre membres dispersés géographiquement).

Ces composants vont permettre aux participants d'interagir à travers l'ensemble des outils technologiques mis à leur disposition.

Donc le but du système est de s'assurer de la prise en charge des différentes interactions apparaissant entre les agents du système.

La figure ci-après permet d'identifier les interactions susceptibles de survenir au sien d'une CoPs.

Figure 54 : Les interactions au sein du système JAIS



La mise en œuvre de l'ensemble de ces traitements implique d'identifier précisément les fonctionnalités de la communauté ainsi que les rôles de ses acteurs. Le modèle d'intermédiation pour les CoPs élaboré va reposer sur quatre types de traitements : les échanges d'expériences, les questionnements, la connaissance de certaines procédures, la réalisation de protocole de suivi, la réalisation de projet, l'accès à des ressources documentaires etc...

5.3 Les échanges d'expériences et l'accès à des ressources documentaires.

Les échanges d'expériences entre les différents acteurs de la communauté (CoPeR) ont pour objectif de permettre le rapprochement des intervenants peu nombreux dans le domaine de l'insertion professionnelle, de l'établissement d'échange d'informations entre les différents intervenants portant sur la pratique en milieu ISPJ, et ainsi de progressivement construire une culture commune autour de la notion de gestion des jeunes en insertion. Ces traitements reposent sur des fonctionnalités de recherche, de consultation, d'ajout et de participation à des discussions dont les thématiques sont diverses et variées et portant sur leurs pratiques (nouvelle réglementation, retour d'expérience suite à un incident, etc.).

L'accès à des ressources documentaires vise à permettre aux utilisateurs de rechercher de l'information sur des documents de tout format relatifs à la gestion des risques (guide méthodologique d'utilisation de méthodes d'analyse des risques, cas d'applications, nouvelle législation, etc.). Les acteurs du système doivent être en mesure de procéder à une recherche suivant différents critères et de visualiser l'information leur permettant d'accéder aux documents recherchés.

Les utilisateurs doivent pouvoir, sous réserve d'autorisation, ajouter des références sur d'autres documents ou bien modifier les informations concernant les documents de la base documentaire. Des mécanismes de gestion d'un espace contenant les ressources documentaires propres à chaque utilisateur doivent être prévus.

5.4 Les acteurs de la CoPeR et leurs rôles

Le fonctionnement de la CoPeR repose sur un ensemble d'acteurs du monde de l'insertion socioprofessionnel. La satisfaction des objectifs du prototype d'intermédiation repose sur différents acteurs: les intervenants ISPJ, les animateurs.

L'ensemble des rôles tenu par un acteur conditionne son accès à l'information et aux traitements de la CoPs. La construction de la CoPs nécessite donc de caractériser les données et les fonctionnalités indispensables à l'accomplissement de leur tâche, ces données sont accessibles à travers la structure de connaissances et les activités par la structure des activités définis dans le système JAIS. Ces informations échangées et connus de chaque membre vont permettre la réalisation d'un profil relatif à chaque type d'utilisateurs. Dans la suite de cette section, les profils relatifs aux d'acteurs du prototype sont décrits.

Les intervenants du domaine de l'ISPJ sont les acteurs centraux de la CoPs. La gestion de leur activité se déroule en suivant des procédures établies par le ministère.

Le profil associé aux intervenants de l'ISPJ permet d'accéder à un ensemble d'information concernant :

a) Les réponses non lues aux questions posées par un intervenant du domaine de l'ISPJ par l'intermédiaire du dispositif d'échange d'information.

b) Les dernières modifications des lois régissant leurs pratiques.

c) Les dernières fiches de description de ressources documentaires consultées et celles ajoutées dans la base documentaire et correspondant aux centres d'intérêt des intervenants.

Par ailleurs, leur profil permet aussi l'accès à l'ensemble des fonctionnalités offertes par la CoPs tel que :

a) L'ensemble des différentes discussions du système d'échange d'expérience.

b) L'ensemble des fiches descriptives des ressources documentaires.

Le profil associé aux experts leur permet d'accéder aux fonctionnalités d'échange d'informations pour compléter les discussions à l'aide de leur expertise.

L'interface de travail d'un membre va dépendre de sa fonction et de son rôle dans la communauté. Dans un premier temps tout membre qui va souhaiter se connecter pour communiquer avec les autres membres jouera le rôle d'invité jusqu'à ce que sa demande d'intégrer la communauté soit validée.

Donc la première démarche que doit effectuer un membre pour accéder aux fonctionnalités de gestion des activités est de s'identifier pour que le système puisse générer un profil correspond à ses besoins. Le processus de connexion du membre dans le système JAIS va consister à récupérer son identifiant et à déterminer d'une part les informations caractérisant ses droits au sein du système (profil) et d'autre part, les informations qui doivent lui être transmises pour pouvoir générer son environnement de travail. L'environnement de travail à travers lequel le membre va interagir est générée lors de la création du profil du membre, le membre sera ainsi identifié à partir d'un id et d'un mot de passe par défaut. L'identification à travers un id et un mot de passe permet à l'agent gestionnaire de dialogue de transmettre la requête à l'agent d'accès afin qu'il identifie et stocke le profil dans la base profil. C'est grâce à ces données que le membre pourra interagir avec les autres membres ou bien avec les agents en charge de la gestion des ressources, des communications, d'échange des informations et à l'agent gestionnaire des connaissances.

5.5 JAIS et la CoPs

JAIS doit prendre en compte les systèmes technologiques auxquels il est relié. Pour cela il doit proposer des traitements d'échange d'information, de stockage d'information, de résolution de

problème, d'attribution des autorisations, de définition de procédure de résolution de problème, d'accès et de consultation de la base documentaires ou profil etc.…

5.5.1 Les dispositifs d'échange (forum, plateforme, wiki etc.)

Le système d'échange d'information vise à permettre à différents individus d'échanger de l'information sur des problématiques ou des sujets communs. Le système fournit des fonctionnalités permettant de créer une discussion sur un sujet, de visualiser les différents messages échangés autour de cette problématique, de participer à la discussion en envoyant un message et de rechercher une discussion ou un message traitant d'un sujet particulier. Une discussion est caractérisée par la thématique de la discussion, un message introductif contenant la problématique initiale et la liste des différents messages de réponses hiérarchisées selon la date d'émission. Un message est composé d'un contenu, de son auteur, de la date d'émission et du message auquel il succède dans la discussion. L'interface graphique d'interaction avec le composant d'échange d'information permet d'accéder à l'ensemble des discussions d'une thématique, à l'ensemble des messages d'une discussion. Mais aussi d'ajouter un message ou bien de rechercher un message à l'aide d'un ensemble de mots-clés. Le logiciel d'échange d'information comme présenté dans le chapitre I offre les mécanismes correspondant aux solutions identifiées pour permettre aux différents acteurs de CoPs de gérer un ensemble de problématique lieé à leurs pratiques. Dans le but de faciliter le partage d'information, notre système va fournir des méthodes de gestion de ressources documentaires.

5.5.2 Description des ressources documentaires

Les informations manipulées par le système visent à décrire et à créer différents types de ressources documentaires. Des documents papiers (ouvrages, revues, articles, etc.), des documents numériques (vidéos, bandes son, documents informatiques, sites Internet, etc.), des documents multimédias (CDROM, DVD, etc.) ou des documents réifiés. Pour permettre de décrire ces différents formats de documents, un modèle constitué de trois types d'information peut être utilisé :

- Les informations concernant l'auteur du document. Ces informations sont : le titre, l'auteur, l'année de publication et la langue du document, mais aussi le résumé du document et un ensemble de mots clés.
- Les informations spécifiques au format des documents. Les documents papiers sont décrits par leur nombre de pages et leur éditeur, les documents numériques par le document lui-même ou bien son URL et les documents multimédias par leur éditeur et leur durée.

- Les informations spécifiques au domaine d'utilisation du système d'information. Dans le cadre d'une utilisation dans le domaine de l'insertion professionnelles, il peut s'agir d'information sur les lois régissant le fonctionnement de ce type d'institution, les processus de formation, le domaine d'utilisation du document (recommandation, projets, ..). Dans le système on peut disposer d'une fiche qui décrit les éléments constitutifs de chaque ressource documentaire. Les ressources documentaires reposent sur des mécanismes de recherche, d'ajout et de modification du contenu des fiches. Outre cette fiche, on peut aussi disposer au sein du système d'une fiche spécifique à chaque projet ou travaux ponctuels à réaliser.

5.5.3 Le processus de recherche de l'information

Le processus de recherche de l'information caractérisant un ou plusieurs documents repose sur un formulaire permettant l'interrogation de la base de données selon différentes stratégies. En effet, les traitements d'interrogation s'effectuent selon les informations saisies par l'utilisateur dans une fiche stockée dans la base ressources, ce qui permet de procéder à une recherche à partir de différents critères (id, nom_projet ou activité, auteur, mots-clés, …). Au terme du processus de recherche, il est possible d'accéder à la liste des documents de la base de données correspondant aux critères de recherche. En plus des fonctionnalités de recherche d'information, le système dispose d'un composant qui offre des mécanismes d'ajout et de modification des fiches.

5.5.4 L'ajout et la modification d'une ressource documentaire

Le système peut proposer des fonctionnalités permettant d'ajouter une nouvelle ressource par l'entremise d'une fiche ou de modifier les informations contenues dans une fiche déjà saisie et stockée. L'ajout d'une fiche correspondant à une ressource ou d'un projet peut s'effectuer à l'aide de formulaires permettant de saisir l'ensemble des informations correspondant au type de document.

Le processus de modification d'une fiche s'effectue en deux étapes : tout d'abord, la recherche de la fiche à l'aide des fonctionnalités de recherche, puis la modification du ou des champs à l'aide d'un formulaire où les valeurs des différents champs sont modifiables.

5.5.5 L'élaboration des protocoles d'activité coopératives

Cette méthode vise à identifier les conditions à remplir pour créer une activité, en plus de cela elle fournit des démarches à suivre lors de la résolution d'une activité, ou les mécanismes à mettre en

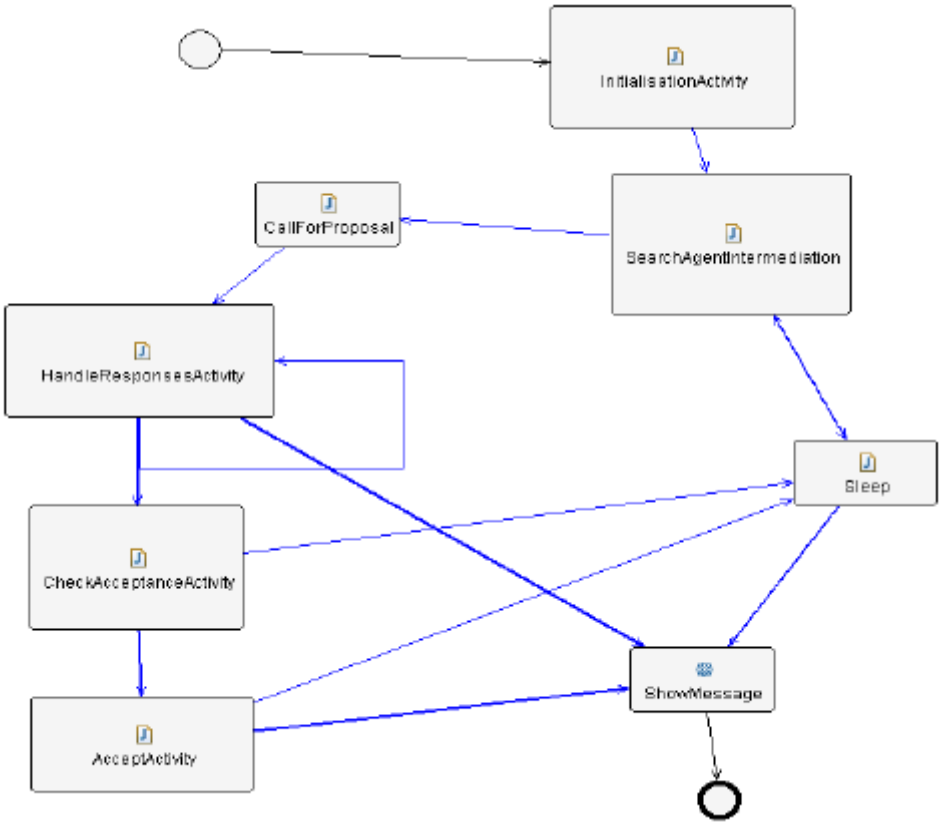
place pour rechercher/stocker une information etc.…Cette méthode repose sur trois logiques fonctionnelles :

- Les procédures d'élaboration de documents de synthèses
- Les procédures de stockage d'un document ou d'une ressource
- Les procédures de résolution d'une activité
- Les procédures de vérification de la disponibilité d'une ressource.
- Les procédures de mise à jour d'un profil

5.6 Définition de procédures de gestion d'activité sous WADE

Le Workflow WADE aide à définir les processus relatifs aux activités d'une CoPs. Par exemple Wade peut permettre de lancer une activité de la manière suivante :

Figure 55 : Illustration d'un lancement d'une activité sous WADE

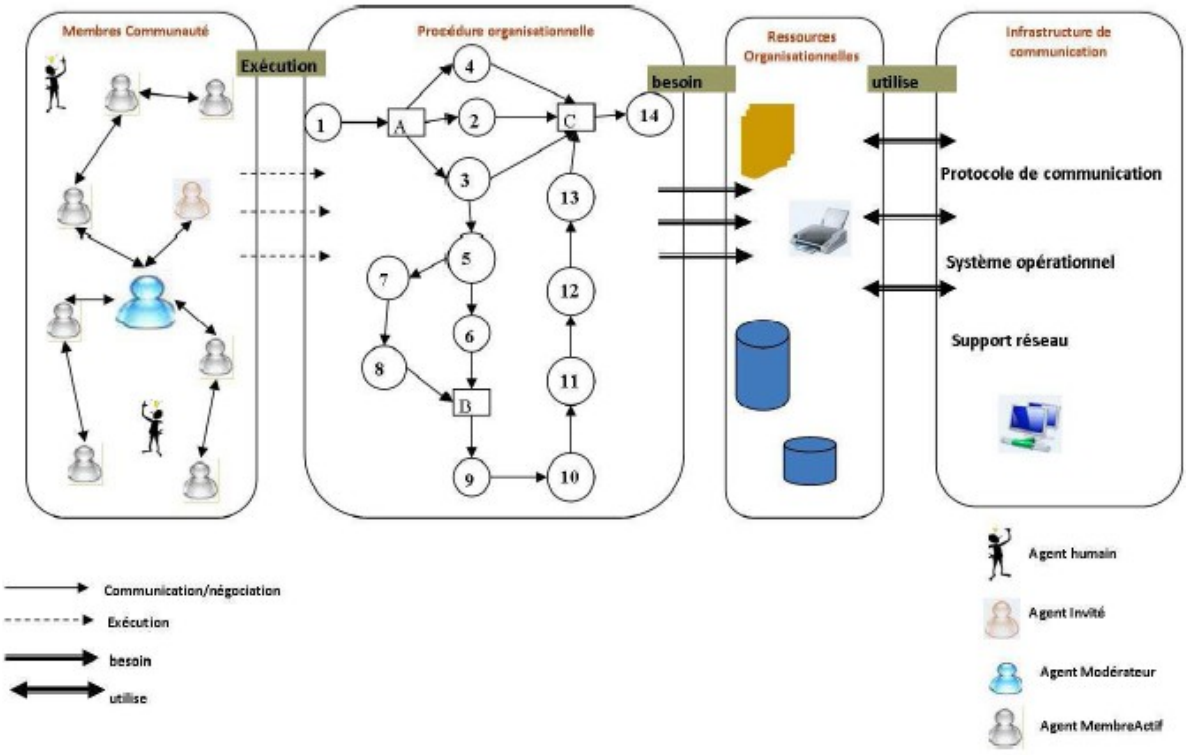


Le lancement d'une activité nécessite la définition d'un ensemble de classe java sur lequel le Workflow va s'appuyer pour réaliser un processus organisationnel. En effet, un processus organisationnel est exécuté par plusieurs acteurs ayant des rôles bien définis dans l'organisation. La

réalisation de ces processus requiert l'utilisation de ressources organisationnelles. La représentation d'un tel processus consiste à identifier les objectifs organisationnels que le processus permet d'atteindre, le rôle qui est responsable de son exécution, ses interdépendances avec les autres processus, et d'autre part à définir les ressources qu'il utilise et/ou qu'il produit et les rôles (et les acteurs) qui participent à son exécution.

Donc la figure ci-après présente comment pourrait se dérouler les procédures de réalisation au sein de l'architecture du système Workflow.

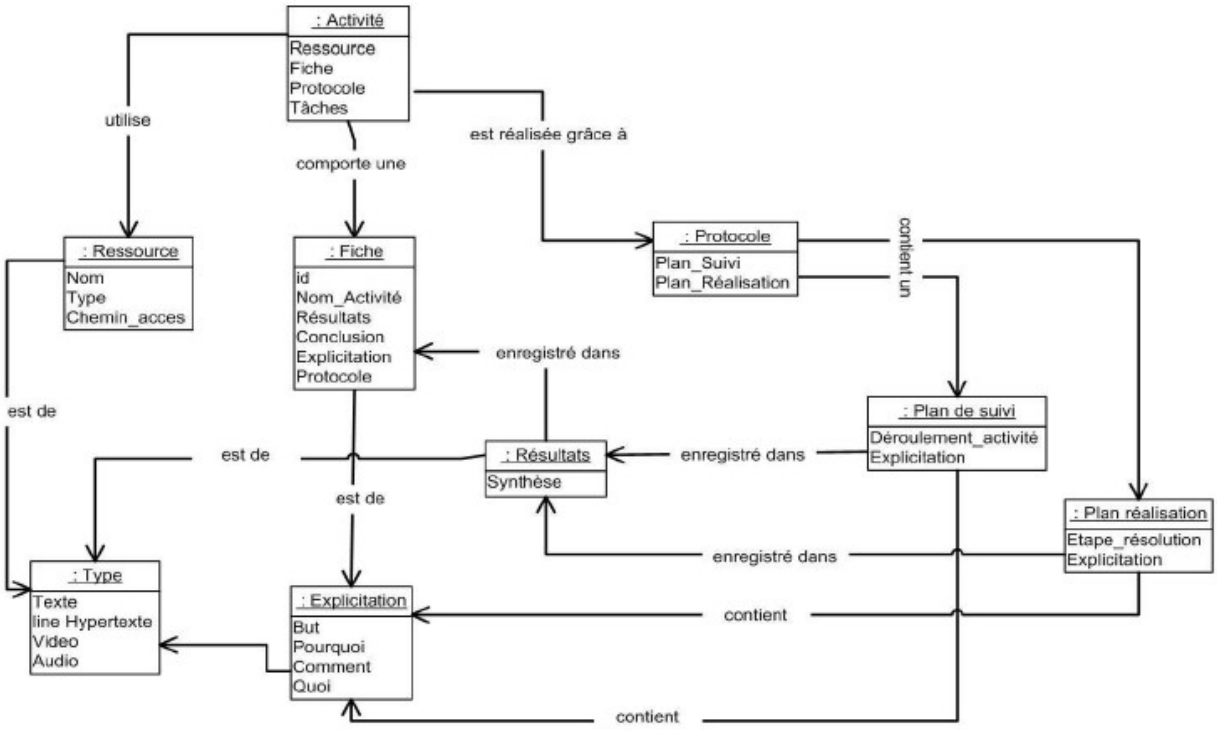
Figure 56 : déroulement processus de Workflow dans JAIS



Par exemple les membres de la communauté CoPeR décident de créer une activité, pour cela ils ont besoin de définir les éléments à prendre en compte pour réaliser un projet. Donc ils vont tout d'abord définir l'activité elle-même avec l'ensemble des membres de la CoPs, puis ensuite ils vont générer une fiche portant sur l'activité, puis par la suite définir en spécifiant le type de protocole à appliquer ou à créer, au final entrer les données nécessaires à la réalisation de l'activité et le type de ressources à utiliser.

Donc de façon détaillée, une activité est composée d'une fiche, d'un protocole, d'une ou plusieurs tâches, de ressources. Le schéma ci-après présente de façon plus explicite le déroulement des étapes de réalisation d'une activité.

Figure 57 : Déroulement de création et réalisation d'une activité



Une activité représente un ensemble de rôle qu'un agent peut assurer dans un processus de workflow. Différents types d'activités peuvent être définis au sein du système : les activités automatique, semi-automatique et manuelle. L'agent d'intermédiation au cœur du système JAIS exécute les activités automatisées et semi-automatisées.

6 Conclusion chapitre IV

L'objectif de ce chapitre était de présenter l'architecture informatique d'un système d'intermédiation dont le développement repose sur la plate-forme multi-agents JADE. Cette architecture servira dans la mise en œuvre d'un prototype de communauté de pratiques

Dans un premier temps, l'architecture réalisée pour étendre les fonctionnalités de la plate-forme JADE a été présentée. Elle permet l'échange d'information entre un agent JADE et d'autres agents d'intermédiation. Le dispositif obtenu sert de support pour le développement des mécanismes d'intermédiation. Dans un deuxième temps, les processus permettant de mettre en œuvre les mécanismes d'intermédiation ont été décrits, il s'agit ici des traitements de gestion des interactions, des services etc. Ensuite, les agents chargés de mener à bien les fonctions de gestion des interactions, c'est-à-dire de gestion des autorisations d'accès, de gestion de la sauvegarde des résultats des

échanges effectués, des profils utilisateurs, des ressources et des protocoles d'activités, des activités coopératives.

Le modèle d'agent proposé permet ainsi de compléter les fonctionnalités offertes par la plateforme JADE en fournissant un dispositif de communication entre les différents agents. Il offre également avec la notion de *Service*, des moyens de gestion de traitements associés aux supports technologiques avec qui il peut communiquer et avec la notion d'*activités* des mécanismes d'exécution de fonctionnalités nécessitant l'exécution de plusieurs *Services* présents dans le système multi-agents. La réalisation et la mise en relation de ce système d'intermédiation avec des systèmes technologiques fournissant des traitements dédiés à la gestion des activités vont permettre de dynamiser et de développer une communauté de pratiques.

Conclusion Générale et Perspectives

Nos travaux ont contribué à dégager des axes de recherche sur plusieurs plans.

Nous avons tout d'abord effectué une étude sur les communautés de pratiques en identifiant son apport en matière de nouveaux modes d'organisations centrés sur la gestion des connaissances tacites détenues par différents participants. Notre constat a été que le but d'un tel regroupement est d'arriver à mutualiser les savoir-faire de ses participants pour en créer de nouveaux. Ces savoir-faire peuvent être utilisés par l'organisation pour permettre d'être plus compétitif au regard de l'environnement. Les interactions au sein de ces formes d'organisations reposent essentiellement sur l'utilisation des Technologies de l'information et de la communication (Groupware, forum, plateformes technologiques).

Puis nous avons établi une définition des communautés de pratiques à partir des définitions existantes. Par la suite nous avons montré le lien étroit qu'entretiennent les supports technologiques et les CoPs ; de ce constat nous avons déduit les fonctionnalités à prendre en compte dans la réalisation du support que nous dédierons aux CoPs. Par rapport à ces communautés nous avons été amenées à proposer un modèle théorique pour les CoPs. Dans son ensemble ce modèle générique peut être appliqué à tout type d'acteurs au sein d'une communauté.

Dans les CoPs, les relations sont développées autour de plusieurs activités. Ces activités constituent le socle des relations et expériences sociales de ces membres. Au cours de leurs réalisations les connaissances et les compétences générées deviennent une partie de l'identité individuelle et

communautaire. C'est cette connaissance pratique qui contribue à l'existence de la communauté, car elle sera par la suite transmise aux nouveaux arrivants lors de leur intégration dans la communauté.

Nous avons choisi le concept de CoPs pour servir de support conceptuel à la construction d'un dispositif visant à contribuer à de meilleures pratiques de partage, d'échange de connaissances aussi bien tacites qu'explicites, de savoir-faire dont le but est de faire émerger de nouvelles connaissances. Les compétences dans ce type de structure sont le stade ultime de la transformation des connaissances qui sont entretenues par les interactions entre agents (humains) collectifs.

Le courant des communautés de pratiques vient ainsi s'intéresser à la construction sociale des connaissances. Une CoPs est constituée de trois types de dispositifs : les participants, un ensemble de système d'informations et un système d'intermédiation. Le système d'intermédiation a pour objet de proposer des mécanismes d'interactions entre ces dispositifs lors de la réalisation des activités.

Nous avons proposé une analyse fonctionnelle qui a permis de déduire des spécifications à intégrer dans la réalisation de l'outil.

Au cours de la démarche de modélisation nous nous sommes appuyés sur plusieurs méthodes agents pour définir les différents modèles de notre système.

Le processus de conception de JAIS a reposé sur le modèle d'une CoPs et sur une démarche de conception et de programmation orientées agent. Par la suite, une présentation des principaux acquis de cette thèse relatifs au développement de l'outil d'intermédiation est effectuée, puis les perspectives de ces travaux sont discutées.

La nécessité de proposer un outil adapté à différents contextes nous a amené à définir un support nouveau de représentation des connaissances adapté à ce large domaine. Les spécificités de ce support seront de permettre aux utilisateurs de stocker, de retrouver, d'échanger, de partager et de créer des connaissances issues de leurs contextes et domaines d'activités, le système d'intermédiation ainsi défini apparaît comme un élément fédérateur dans un tel processus.

L'analyse du système d'intermédiation pour la gestion des activités d'un groupe de participants désireux de partager un domaine de connaissances à l'aide du concept des CoPs a débouché sur deux modèles :

- Un modèle organisationnel (CoPs) au sein duquel le fonctionnement d'une communauté est décrit, il comprend le modèle de connaissances qui constitue le cœur des activités de la communauté ainsi que le modèle de rôle à l'aide duquel les rôles décrits dans la communauté sont définis.

- Un modèle des SMAs (Système d'intermédiation et Plateforme JADE) qui regroupe le modèle de communication et le modèle agent.

Ces modèles reposent sur l'architecture multiniveaux proposée à la fin du chapitre III. Le déploiement de ces modèles requiert la conception d'un système d'intermédiation d'une part et des fonctionnalités susceptibles de proposer un ensemble de mécanismes capable de gérer les activités des communautés d'autre part.

Pour modéliser notre système, nous nous basons sur les composants de l'architecture multiniveaux proposés, et nous utilisons pour la mise en œuvre de ces composants l'approche de la conception et de la programmation agents et les systèmes-multi-agents.

Le processus d'analyse des fonctionnalités d'un système d'intermédiation à l'aide d'une approche orientée agent a permis d'identifier un modèle d'agent dont la finalité est de gérer l'ensemble des fonctionnalités du système qui lui sont associés. Le système d'intermédiation est composé d'un ensemble d'agents d'intermédiation en interaction. Ainsi cinq groupes d'agents ont été identifiés : un *agent membreActif*, un *agent Invité*, un *agent gestionnaire d'accès (dialogue, authentification)*, un *agent gestionnaire d'activité*, un *agent gestionnaire de connaissances (profil, ressources et protocole d'activité)*.

L'analyse des traitements du modèle organisationnel vers le modèle SMA (SMA+ Agentification) à l'aide d'une approche agent conduit à la réalisation d'une méthode de transformation d'un modèle systémique en réseau d'agents dont la finalité est de permettre une gestion efficace d'un dispositif organisationnel. L'utilisation d'une approche orientée agent a permis de caractériser un système multi-agents d'intermédiation (JAIS) au service des activités du dispositif étudié. Donc nous avons privilégié la modélisation agent pour les strates 2 et 3 car les agents présentent des caractéristiques de flexibilité, d'apprentissage et d'échange de connaissances à travers des protocoles d'interaction et de négociation.

La plateforme de programmation d'agents distribués JADE a été retenue pour la réalisation du système multi-agents d'intermédiation et les méthodes de conception GAIA et MAS-CommonKADS ont servi de support pour la modélisation et la programmation des agents. Ces outils ont constitués le support d'un processus de réalisation d'un modèle d'intermédiation de communauté de pratiques pour la gestion des activités.

La réalisation d'un prototype nécessite la programmation des agents d'intermédiation offrant les mécanismes pour la satisfaction des objectifs de la CoPs. La réalisation des agents d'intermédiation repose sur la plate-forme JADE (WADE). Celle-ci propose des mécanismes permettant de concevoir des agents aptes à communiquer à travers un réseau de communication. Le fonctionnement de

l'agent repose sur la notion de *comportement* qui peut être déclenché à la réception de messages, les *comportements* permettant de représenter et de gérer des *services* et des *requêtes* d'un agent d'intermédiation ont été représentés. Les modes de communication de JADE ont été augmentés avec le développement de mécanismes d'échange de messages entre agent- agent- et agent-humains. Les cinq groupes d'agents de gestion d'un système multi-agents d'intermédiation ont ensuite été conçus.

Nous nous sommes inspirés de la méthode GAIA (Wooldridge, 2000) dans sa plus grande partie pour définir certains de nos modèles, ainsi que de la méthode MAS-CommonKADS (Iglesias. et al 1997). La plate-forme JADE et le Workflow WADE ont servis à représenter à travers divers processus des activités (Bellifimine, 1999) au sein d'une CoPs. Cette démarche nous a semblé suffisante pour aborder l'analyse d'un dispositif technologique, bien qu'elle puisse poser des limites pour aborder l'analyse de l'ensemble des mécanismes d'une entreprise.

Nous n'avons pas pu valider notre système JAIS sur une apllication conséquente dans le cadre des relations intra-communautaires pour démontrer aux entreprises son intérêt pour la capitalisation, la réutilisation et la création de nouvelles connaissances.

A terme, notre travail débouche sur plusieurs perspectives

1. Dans un premier temps il nous semble important de mettre en place un cycle de vie de notre démarche JAIS, permettant à l'utilisateur de respecter les étapes primordiales pour le déroulement de la modélisation des activités et la définition de protocole d'interaction susceptible d'être mis en place pour la réalisation de l'activité en question.
2. Dans un deuxième temps il serait intéressant de réfléchir sur la mise en place d'un portail qui permettrait de tester l'apport de cet outil pour une communauté de pratiques, c'est-à-dire comment à travers ce système les membres de la communauté arrivent à réalisation des activités (de l'étape de la création de l'activité à la conservation des connaissances issues de la réalisation de l'activité).
3. Dans un troisième temps, lorsque les communautés deviennent volumineuses (plusieurs centaines), une sauvegarde centralisée/décentralisée des connaissances est souhaitable (dans une perspective de réutilisation), ce qui nous amènera à nous orienter vers la construction d'une ontologie partagée et consensuelle propre à une CoPs.

Bibliographie

Ackerman, M.S., McDonald, D.W., (1996). *« Answer Garden 2: merging organizational memory with collaborative help »* in Proceedings of the 1996 ACM conference on Computer supported cooperative work. Boston, Massachusetts, United States: ACM Press pp. 97-105.

Adam E. (1999). *« Modélisation du fonctionnement des organisations humaines »*. Journées Knowledge Management, Centre De Recherche De SOLVAY, Bruxelles, avril.

Aldea, A., Banares-Alcantara, R., Jimenez, L., Moreno, A., Martinez, J., Riano, D., (2004). *« The scope of application of multiagent systems in the process industry: three case studies ». Expert Systems with Applications*, vol. 26, pp. 39-47.

Alle, V. (2003). *« The future of knowledge: Increasing prosperity through value networks ».* Boston: Butterworth-Heinemann.

Amato G., Straccia U., (1999). « *User Profile Modeling and Applications to Digital Libraries ».* In: Proceedings of the Third European Conference on Research and Advanced Technology for Digital Libraries, Paris, France.

Anderson, N. R., West, Michael A (1998). « *Measuring climate for work group innovation: development and validation of the team climate inventory».* Volume 19, Issue: 4 Page: 406 - 426

Andreewski E. (1998). *« Langage et construction de la cognition collective »*, Grand Atelier MCX au Futuroscope, Poitiers, 19-20 novembre.

Arena R., (2003). « *Marchés électroniques, marchés technologiques : nouvelles réalités et nouveaux outils d'analyse* » in Bellon B., Ben Youssef A. et Rallet A (sous la direction de): La nouvelle économie en perspective – Economica – Paris.

Arranz Matia, A.L., and Sanz-Bobi, M.A., (2005). *« CLELIA: a multiagent system for publishing printed and electronic media ». Expert Systems with Applications*, vol. 28, pp. 725-734.

Artikis, A., Kamara, L., Pitt, J. (2001): *« Towards an Open Agent Society Model and Animation »,* Proc. of the 2nd. Agent-Based Simulation Workshop, Passau, 2001, pp. 48 – 55.

Austin J.L. (1962): *« How to do things with words »,* Harvard University Press.

Avenier, M-J., (1999). « *L'intermédiation, utiliser le signe pour favoriser l'évolution des représentations »,* Workshop du GRASCE, AIX en Provence.

Barcet, A., Bonamy, J., Esnault, L., Lespagnol, Y., Zeiliger, R, (2004). *« Communautés de pratiques, management de l connaissance et production de service»*. XIVe Conférence RESER - 23, 24 septembre – Castres TIC et relations de services dans une économie globalisée.

Barney, J.B., (2001), « *Is the Resource-Based Theory a Useful Perspective for Strategic Management Research? Yes ».* Academy of Management Review; 26, (1), pp.41-56.

Barre-Ilan, J., (2005). *« Information hub blogs ».* Journal of Information Science, 31(4):297–307.

Baumard P., (1999). *« Tacit Knowledge in Organizations »*, Sage, London.

Bellifemine F., Poggi A., Rimassa G., (1999) *« JADE, A FIPA compliant agent framework ».* in Proceedings of PAAM, London, p. 97-108.

Benali, K., Bourguin G., David B., Derycke A., Ferraris C., (2002). *« Collaboration / Coopération ».* In Proceedings Assises du GdR I3, Décembre 2002, Nancy, France, J. Le Maitre, éditeur, CEPADUES éditions.

Berlage T., (1993), « *Object-oriented application frameworks for graphical user interfaces : the GINA perspective »*. Gesellschaft für Mathematik und Datenverarbeitung, München, Wien, Oldenbourg.

Besson, B., (2002). *« L'audit d'intelligence économique: mettre en place et optimiser un dispositif coordonné d'intelligence collective »*, Dunod.

Betbeder, M.L. Tchounikine, P., (2001). *« Analyse d'une activité médiatisée collective visant à favoriser la création d'une communauté d'apprenants ».* Conférence IC 2001, Grenoble (France), p. 389-408, Edité par PUG, ISBN 2 7061 1026 0.

Boersma, Stegwee (1996). *« Exploring the Issues ».* In Information Technology Management in Europe. Track of the Information Resources Management Association International Conference.

Boland, R.J. et R.V. Tenkasi (1995). *« Perspective making and perspective taking in communities of knowing », Organization Science*, vol. 6, p. 350-372.

Bond, A. H. and Gasser, L. editors (1988). *« Readings in Distributed Artificial Intelligence ».* Morgan Kaufmann Publishers: San Mateo, CA.

Bond. R., (1990). *« Commitment: A Computational Model for Organizations of Cooperating Intelligent Agents »*.. In Proceedings of the 1990 Conference on Office Information Systems, pages 21-30, Cambridge, MA, April.

Bonifacio, M., Bouquet, P., Cuel, R. (2002). *« Knowledge Nodes: the Building Blocks of a Distributed Approach to Knowledge Management ».* Journal of Universal Computer Science, 8(6), 652–661, Springer Pub.et Co.

Bonnabeau, E., Dessalles, F.L., (1997). *«Detection and Emergence ».* Intellectica, 25 p.89-94.

Bonnabeau, E., Dessalles, F.L., and Grumbach, A., (1995 a). *« Characterizing emergent phenomena (1) A critical Review »*. Rev. Int. Syst. 9., 327-346.

Bonnabeau, E., Dessalles, F.L., and Grumbach, A., (1995 b). *« Characterizing emergent phenomena (2) A conceptual framework »*. Rev. Int. Syst. **9.,** 347-369.

Bordogna G., and Pasi, G., (2004*). « A model for a Soft Fusion of Information Accesses on the web »* Fuzzy Sets and Systems, vol. 148, pp. 105-118.

Bouchard, H., Nie, J.Y. (2006). *« Modèles de langues appliquées à la recherche d'information contextuelle »*. Actes de CORIA 2006 (Lyon, France, 15-17 mars 2006), pp. 213-224.

Boughzala, I., (2001). *« Démarche méthodologique de conception de systèmes d'information coopératifs interagents pour la gestion des connaissances »*. Thèse en informatique de l'université Paris VI, 20 décembre.

Boulanger D., Dubois G., (1998). *« An Object Approach for Information System Cooperation ».* Inf. Syst. 23(6): 383-399.

Boulanger, D., (1995). *« Coopération des objets dans les systèmes d'information: problématique ».* Congrès RPO'95 –Représentation Par Objets- 15 journées Internationales intelligence Artificielle, Montpellier Juin.

Bournois, F., Romani, J-P. (2000). *« L'intelligence économique et stratégique dans les entreprises françaises »*. Paris: Economica.

Bouzeghoub, M., Kostadinov, D. **(2005).** *« Personnalisation de l'information : aperçu de l'état de l'art et définition d'un modèle flexible de profils »*. Actes de CORIA 2005 (Grenoble, France, 9-11 mars, 2005), pp. 201-218.

Bresciani, P., Giorgini, P., Giunchiglia, F., Mylopoulos, J., Perini A., (2004). *« TROPOS: An Agent-Oriented Software Development Methodology »*. In Journal of Autonomous Agents and Multi-Agent Systems, Kluwer Academic Publishers Volume 8, Issue 3, May, Pages 203 - 236.

Brousseau E., (2000). *« What Institutions to Organize Electronic Commerce? »* Private Institutions and the Organization of Markets, Economics of Innovation and new technologies, 9 (3), July September, pp. 245-279.

Brown, J. S., Duguid, P. (1998). *« Organizing knowledge ».* In California Management Review, Vol. 40, No. 3, Spring pp. 90-111.

Brown, J. S., et Gray, E. S. (1995). « The People are the Company ». Fast Company (été).

Brown, J.S. et Cook, S.D. (1999). *« Bridging epistemologies: the generative dance between organizational knowledge and organizational knowing».* Organization science, Vol 10, n°4, p 381-400, Juillet-Août.

Brown, J.S., Duguid, P. (1991). *« Organization Learning and Communities Of Practices: Toward a Unified View of Learning and Innovation ».* Organisation Science, Vol. 2, No. 1 pp 40-57.

Brown, J.S., Duguid, P., (1992). *« Enacting Design for the Workplace »* in P.S. Adler and T. Winograd (eds.), Turning Technologies into Tools, Oxford University Press, pp. 164-197.

Bruneau J.M, Pujos J.F., (1992). *« Le management des connaissances dans l'entreprise : Ressources humaines et systèmes d'informations »,* Editions d'Organisation.

Budzik, J., Hammond, K.J., and Birnbaum, L., (2001). *« Information access in context »* Knowledge-Based Systems, vol. 14, pp. 37-53. On Autonomous agents and multiagent systems: part 1. Bologna, Italy: ACM Press, pp. 467-474.

Bussmann, S. and Demazeau, Y. (1994). *« An agent model combining reactive and cognitive capabilities ».* In *Proceedings of the IEEE International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS-94)*, Munich, Germany.

Calmet J., Maret P., Endsuleit R., (2004). *« Agent oriented abstraction ».* Spanish Royal Academy of Sciences Journal. Special Issue on Symbolic Computation and Artificial Intelligence.

Cammarata, S. McArthur, D., Steeb, R., (1988). *« Strategies of cooperation in distributed problem solving ».* Proceedings of the 8th International Joint Conference on Artificial Intelligence, pages 767-770, 1983. (Also published in Readings in Distributed Artificial Intelligence, Alan H. Bond and Les Gasser, editors, pages 102-105, Morgan Kaufmann).

Carabelea, C., Boissier, O., Ramparany, F., (2003). *« Benefits and Requirements of Using Multi-agent Systems on Smart Devices ».* In: Kosch, H., Böszörményi, L., Hellwagner, H. (eds.): Proceedings of the 9th International Euro-Par Conference on Parallel Processing (Euro-Par 2003) (Klagenfurt, Austria, August 26-29, 2003), Lecture Notes in Computer Science, vol. 2790, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, pp. 1091-1098.

Cardon, A, (2005). *« La complexité organisée - Systèmes adaptatifs et champ organisationnel »* Broché Paru février, Hermes Science Publications, collection informatique, ISBN : 2-7462-1030-4 EAN : 9782746210301 316 pages**.**

Cariani, P., (1991). *« Adaptativy and emergence in organisms and devices »*. World Futures 31, pp 49-70, Gordon & Breach Science Publishers.

Cariani, P.,(1989). *« On the design of devices with emergence semantic functions ».* PhD dissertation , State University of New York at Binghamton.

Carlson J.R. and Zmud R.W., (1999). *« Channel expansion theory and the experimental nature of media richness perceptions »*, Academy of Management Journal, Vol. 42, n°2, pp 153-170.

Carriero, N., Gelernter, D., (1992). *« Coordination Languages and their Significance »,* Communications of the ACM, 35(2), 1992, pp. 97-107.

Castelfranchi, C., (2001). *« The Theory of Social Functions. Challenges for Multi-Agent-Based Social Simlation and Multi-Agent Learning ».* Cognitive Systems, 2(1) :5-38 , 2001. 47, 61

Cefrio, (2006). *« Une communauté de pratique en réseau (CoPeR) dans le domaine de l'insertion socioprofessionnelle des jeunes (ISPJ) : Nouvelles voies de transfert de connaissances et perspectives futures ».*Rapport du CEFRIO au CTREQ, Janvier.

Chaib-draa B., (1996). *« Interaction between agents in routine »* Chaib-Draa B., Moulin B., Mandiau R., Millot P., (1992) Trends in Distributed Artificial Intelligence. AI Review, 1992, n°4, pp.35-66.

Chaib-draa, B. Levesque, P., (1996). *« Hierarchical model and communication by signs, signals and symbols in multi-agent environments »*. Journal of Experimental and Theoretical AI (JETAI), 8:7-20.

Chanal, V., (2000). *« Communautés de pratique et management par projet: à propos de l'ouvrage de Wenger (1998) Communities of practice: Learning Meaning and Identity ».* M@n@gement, Vol. 3, No. 1, pp. 1-30.

Charlet J et Carvalho A., (2000). *« Intégration de la gestion des connaissances dans le SIH : approche par l'urbanisation des systèmes d'information ».* In Fieschi M., coordinateur, Journées française d'informatique médicale, mai.

Charlet J., Zacklad M., Kassel G. et Bourigault D., (2000). *« Ingénierie des connaissances »* : évolutions récentes et nouveaux défis. Eyrolles, Paris.

Chau, M., Zeng, D., Chen, H., Huang, M., and Hendriawan, D., (2003). *« Design and evaluation of a multi-agent collaborative Web mining system »* Decision Support Systems, vol. 35, n°1, pp. 167-183, April.

Chen, J.R., Wolfe, S.R., Wragg, S.D. (2000). *« A Distributed Multi-Agent System for Collaborative Information Management and Sharing »*. In Proc. 9th ACM International Conference on Information and Knowledge Management. 382–388, ISBN: 1-58113-320-0.

Chen, L., and Sycara, K., (1998). « *WebMate: a personal agent for browsing and searching »* in Proceedings of the second international conference on Autonomous agents. Minneapolis, Minnesota, United States: ACM Press, 1998, pp. 132-139.

Chen, M., Zhu, Q., and Chen, Z., (2001). *« An integrated interactive environment for knowledge discovery from heterogeneous data resources »* Information and Software Technology, vol. 43, pp. 487-496.

Chouikha, B., (2007). *« Les communautés de pratiques entre le travail à distance et le présentiel: Cas des clubs VINCI Energies* ». 12ème conférence de l'AIM, Lausanne juin.

Chun, A., Wai, H., and Wong, R.Y.M., (2003). *« Optimizing agentbased meeting scheduling through preference estimation »* Engineering Applications of Artificial Intelligence, vol. 16, pp. 727-743.

Cohen, P.R., Levesque, H.J., (1990). *« Intention is choice with commitment ».* Artificial Intelligence 42(2-3):213-261.

Cohendet, P., Amin, A., (2006). « *Epistemic communities and communities of practices in the knowledge-based firm* » in New Frontiers in the Economics of Innovation and New. Technology Cristiano Antonelli; Dominique Foray, Bronwyn H. Hall; Ed Steinmueller (eds), Edward Elgar, Juin.

Cohendet, **P**., **Créplet, F., Dupouët, O., (2003).** *« Innovation organisationnelle, communautés de pratique et communautés épistémiques : le cas de Linux »* Revue Française de Gestion, 29: 146, 99-121.

Comma Consortium, (2000). *« Corporate Memory Management through Agents »*, in Proc. of the E-business and E-work Conference», 18-20 October, Madrid, Spain.

Conein, B., Delsalle, S., (2005). « *Le logiciel libre comme communauté de connaissance: normes sociales et normes épistémiques »* in Proulx, Massit-Folléa et Conein, éds, *Internet, une utopie limitée. Nouvelles régulations, nouvelles solidarités*, Presses de l'Université Laval, Québec, p. 39-69.

connaissance en valeur », Revue Française de Gestion, septembre-octobre, p.43-48.

Conry, S. E., Kuwabara, K., Lesser, V. R., Meyer R. A., (1991). *« Multistage negotiation in distributed constraint satisfaction ».* IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, December.

Conry, S. E.R., Meyer R. A., Pope, R. P., (1989). *« Mechanisms for assessing the nonlocal impact of local decisions in distributed planning ».* In L. Gasser and M. Huhns, editors, Distributed Artificial Intelligence. Volume II, pages 245- 258. Pitman Publishing: London and Morgan Kaufmann: San Mateo, CA.

Cowan R., David, P.A., Foray, D., (2000). *« The Explicit Economics of codification and Tacitness ».* Industrial and Corporate Change, vol 9, n°2, pp. 211-254.

Créplet F., (2001). *« Pour une approche des PME : Leur évolution et leur développement dans une perspective cognitive – Entre communautés d'action et communautés de savoir »,* Thèse de doctorat en Sciences de gestion, Strasbourg.

Créplet F., Dupouët O., Kern F. et Munier F., (2001). *« Dualité Cognitive et Organisationnelle de l'Entreprise : le Rôle Différencié du Manager et de l'Entrepreneur »*, Revue d'économie industrielle, n° 95,2001, p. 9-22.

Créplet F., Dupouët O., Kern F. et Munier F., (2001). *« Innovation organisationnelle, communautés de pratique et communautés épistémiques : le cas de Linux ».* Revue française de gestion 2003/5 - n° 146 ISSN 0338-4551 | pages 99 à 121, Lavoisier.

Crozier, Friedberg, (1977). « *L'acteur et le système – les contraintes de l'action collective* »Editions le Seuil.

Dameron S., Josserand E., (2005). *« Le processus de développement d'une communauté de pratique : une approche par la dialectique participation-réification «*, Acte de la XIVème conférence internationale de management stratégique, Pays de Loire, Angers.

Davidsson, P., (2000). *« Emergent Societies of Information Agents ».* Klusch, M, Kerschberg, L. (Eds.): Cooperative Information Agents IV, LNAI 1860, Springer, 2000, pp. 143–153.

Davis, R. Smith, R., (1983). *« Negotiation as a metaphor for distributed problem solving »*. Artificial Intelligence, 20(1): 63-109, January.

De Michelis, G., (1996). *« Computer Support for Cooperative Work: Computers between Users and Social Complexity ».* Organizational Learning and Technological Change (Zucchermaglio, C., Bagnara, S. and Stucky, S., eds.), Springer, Berlin, (1995), 307-330.

Dennett, D.C. (1987). *« The Intentional Stance ».* MIT Press, Cambrige, Mass.

Dieng, R., Corby, O., Gandon, F., Golebiowska, J., Mata, N., et Ribière, M., (2001). *« Méthodes et outils pour la gestion des connaissances : une approche pluridisciplinaire pour le "Knowledge management"»,* 2ème édition, Dunod, 2001, Informatiques, Série Stratégies et systèmes d'information.

Dignum, V. (2003). *« Using Agent Societies to Support Knowledge Sharing ».* In AAMAS-03 Workshop on Autonomy, Delegation and Control, Melbourne, Australia, July 14th.

Dignum, V., Dignum, F., Meyer, J.J., (2004). « *An Agent-Mediated Approach to the Support of Knowledge Sharing in Organizations* ». Knowledge Engineering Review, Cambridge University Press, 19(2), pp. 147-174.

Dignum, V., Weigand, H., Xu L. (2001): *« Agent Societies: Towards Framework-Based Design »*. In: Wooldridge, M., Ciancarini P., Weiss, G. (Eds.): Agent-Oriented Software Engineering II. LNAI 2222, Springer, pp. 33 - 49.

Donnadieu G., Karsky M., (2002). *« La systémique penser et agir dans la complexité »* Editions Liaisons.

Durand D., (1979*). « La Systémique »,* Puf

Durfee, E. H. Lesser, V. R., (1987). *« Using partial global plans to coordinate distributed problem solvers ».* In Proceedings of the Tenth International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI-87), Milan, Italy.

Durfee, E. H. Lesser, V. R., (1989). *« Negotiating task decomposition and allocation using partial global planning ».* In L. Gasser and M. Huhns, editors, Distributed Artificial Intelligence Volume II, pages 229-244. Pitman Publishing : London and Morgan Kaufmann : San Mateo, CA.

Ekkart R., Grabowski J., and Graubmann P., (1996). *« Tutorial on message sequence chart (MSC) »*. In Proceedings of FORTE/PSTV'96 Conference, October.

El-Fallah Seghrouchni, A. and Haddad, S., (1995) *« A formal model for coordinating plans in multi-agent systems »*. In Proc. of Intelligent Agents Workshop, Augusta Technology Ltd, Brooks University, Oxford UK**.**

El-Fallah Seghrouchni, A. and Haddad, S., (1996). *« A coordination algorithm for multi-agent planning ».* In Proc. of Int. Conf. on Multi-agent Systems-1996 (ICMAS'96), AAAI, Press, Kyoto, Japan.

Ermine, J.L., Chaillot, M., Bigeon, Ph., Charreton, B., Malacieille, D., (1996). *« MKSM : Méthode pour la gestion des connaissances ».* Ingénierie des systèmes d'information, AFCET-Hermès, 1996, Vol.4, pp. 541-575.

Ferber J., (1995). *« Les systèmes multi-agents, vers une intelligence collective ».* IIA, Paris: InterEditions.

Ferber J., Michel F., Gutknecht O., (2003). *« Agent/Group/Roles: Simulating with organizations ».* Agent Based Simulation Agent Based Simulation 4, Montpellier, 28 - 30 Avril.

Ferber, J., Gutknecht, O., (1998). *« A Meta-Model for the Analysis and Design of Organizations in Multi-Agent Systems ».* In: Proc. of the 3rd. International Conference on Multi-Agent Systems (ICMAS'98), IEEE Computer Society.

FIPA (2000). *« A description of the structure of FIPA ACL ».* http://www.fipa.org/repository/aclspecs.html.

FIPA (2002). *« FIPA ACL Message Structure Specification ».* http://www.fipa.org/specs/fipa00061/index.html.

Flores-Mendez R.A., (1999). *« Towards the Standardization of Multi-Agent System Architectures: An Overview »*. In ACM Crossroads. Special Issue on Intelligent Agents, Association for Computer Machinery, 5.4, pp.18-24.

Forrest, S., (1990). *« Emergent Computation ».* Physica D 42, 1990, Elsevier Science Publishers, North-Holland.

Fox, M., Gruninger, M. (1998). *« Enterprise Modeling ».* AI Magazine, AAAI Press, Fall, 1998, pp. 109-121.

Fox, M.S., (1981). *« An organizational view of distributed systems ».* IEEE Trans. Syst.Man.

Galliers, J. R., (1988). *« A strategic framework for multi-agent cooperative dialogue ».* In proceeding of the eight europeen conference on artificial intelligence , Munich Federal Republic of Germay , PP 415-420.

Gammack, J., (1998). *« Organisational Memory and Intelligent Decision Support in Shared Information Systems »*, Research Working Paper IT/98/05, Department of Information Technology, Murdoch University, Western Australia, http://www.it.murdoch.edu.au/research/working_papers/it9805.doc**.**

Gandon, F., (2002). *« Distributed Artificial Intelligence and Knowledge Management: Ontologies and multi-agent systems for a corporate semantic web ».* PhD Thesis INRIA November.

Gasser, L (2001). *« Social Conceptions of Knowledge and Action: DAI Foundations and Open Systems Semantics »*. Artificial Intelligence, 47/1991. pp. 107-138.

Glance, N.S., (2001). *« Community search assistant »* in Proceedings of the 6th international conference on Intelligent user interfaces. Santa Fe, New Mexico, United States: ACM Press, pp. 91-96.

Glaser, N., (1996). *« Contribution to Knowledge Modelling in a Multi-Agent Framework (the CoMoMAS Approach) »*. PhD thesis, L'Université Henri Poincaré, Nancy I, France, November.

Gleizes, Marie-Pierre (2004). *« Vers la résolution de problèmes par émergence »*. Habilitation à diriger des recherches de l'Université Paul Sabatier, Spécialité : Informatique, Soutenue le 9 décembre 2004.

Glynn, M-A., (1996). *« Innovative genius: a framework for relating individual and organizational intelligences to innovation »*, Academy of Management Review, vol. 21 N°4, pp. 1081-1111.

Godoy, D., Schiaffino, S., and Amandi, A., (2004). *« Interface agents personalizing Web-based tasks »* Cognitive Systems Research, vol. 5, pp. 207-222. 256-257.

Gomez-Sanz, J.J, and Pavon, J., (2003). *« Personalized information dissemination using agents organizations »* presented at Distributed Computing Systems. FTDCS Proceedings. The Ninth IEEE Workshop on Future Trends.

Gongla, P., Rizzuto, C.R., (2001). *« Evolving Communities of Practice: IBM Global services experience ».* IBM Systems Journal, Vol. 40, No. 4, pp. 842-862.

Gordon, M., Fan, W., Rafaeli, S., Wu, H., Farag, N., (2003). *«The architecture of commKnowledge: combining link structure and user actions to support an online community»* Int. J. Electronic Business, Vol. 1, No. 1.

Gorissren, P. (2006). *« Social software in het onderwijs ».* Surfnet / kennisnet, pages 1-37. URL http://www.gorissen.info/pierre/files/socialsoftwarev2p0.pdf

Grant, R.M., (1996). *«Toward a Knowledge- based theory of the firm »* Strategic Management Journal (17), Winter Special Issue: pp. 109-122.

Gräther, W., and W. Prinz, W., (2001). *« The social web cockpit: support for virtual communities »*. in Proceedings of the 2001 International ACM SIGGROUP Conference on Supporting Group Work. Boulder, Colorado, USA: ACM Press, pp. 252- 259.

Grundstein, M., (1995). *« La Capitalisation des Connaissances de l'Entreprise, Système de Production des Connaissances »*. Actes du Colloque L'Entreprise Apprenante et les Sciences de la Complexité, Aix en Provence, France, 22-24 Mai.

Grundstein, M., Rosenthal-Sabroux, C., (2004). *« Une aide à la décision pour le repérage des connaissances potentiellement cruciales dans un projet de conception : application du cadre directeur GAMETH ».* Book chapter, pages 81-106, 2004. Gestion dynamique des connaissances industrielles, / sous la direction de B. Eynard, M. Lombard, N. Matta, J. Renaud. Hermès-Lavoisier, editor(s).

Gutknecht, O., Ferber, J., Michel, F, (2001). *« Integrating tools and infrastructures for generic multi-agent systems ».* In: Proceedings of the fifth international conference on Autonomous agents, AA 2001, ACM Press (2001) 441-448.

Habhab-Rave, S., (2009). *« Stratégie des réseaux et compétitivité : le cas des PME tunisiennes ».* Humanismes et entreprises, N° 291, PP 25-46, Février.

Genesereth M.R., Singh N.P., Syed M.A., (1994). *« A Distributed and Anonymous Knowledge Sharing Approach to Software Interoperation »*. Actes du colloque Les nouvelles frontières de l'entreprise, Montréal, 19-20 juin.

Habhab-Rave, S., (2007). *« Acquisition de capacités technologiques et développement d'innovation : quel enjeux pour les PME tunisiennes ?* 3ème Colloque du PESOR, 16 mars 2007, Faculté Jean Monnet de Sceaux.Université Paris-Sud 11.

Hammond M., (2004). *« Virtual Knowledge Communities for Distributed Knowledge Management: A Multi-Agent-Based Approach using JADE »*. Institut für Algorithmen und Kognitive Systeme Universität Karlsruhe (TH) SS.

Hattori, F., Ohguro, T., Yokoo, M., Matsubara, S., and Yoshida, S., (2003). *« Socialware: multiagent systems for supporting network communities »*. Commun. ACM, vol. 42, pp. 55-ff..

Hérin, D., Espinasse, B., Andonoff, E., Hanachi, C., (2001). *« Des systèmes d'information coopératifs aux agents informationnels »*. Revue ISI, Hermes, Fev, chapitre 8, pp 210-244.

Huget, M-Ph, Odell, J and Bauer, B. (2004). *« The AUML Approach. In Methodologies and Software Engineering for Agent Systems »*. Volume 11. Federico Bergenti, Marie-Pierre Gleizes and Franco Zambonelli (eds.), Kluwer.

Huhns M. Stephens, L., (1999). *« Multiagent systems and Societies of Agents ».* In Weiss, G (1999). Multi-Agent Systems. MIT Press.

Iglesias, Garrijo, M., and Gonzalez, J. (1999). *« A survey of agent-oriented Methodologies ».* In Proc. of the 5th Int. Workshop on Intelligent Agents: Agent Theories, Architectures, and Languages, ATAL'98, pages 317–330, Paris, France, Oct.

Iglesias, Garrijo, M., and Gonzalez, J. , G Mercedes. et J. R Velasco (1997). *«Analysis and design of multiagent*

systems using MAS-CommonKADS».. In AAAI'97 Workshop on Agent Theories, Architectures and Languages,

Providence, RI, July. ATAL. (An extended version of this paper has been published in INTELLIGENT AGENTS IV: Agent Theories, Architectures, and Languages, Springer Verlag 1998.

Isbister, K., Nakanishi, H., Ishida, T., and Nass, C., (2000). *« Helper agent: designing an assistant for human-human interaction in a virtual meeting space »* in Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems. The Hague, The Netherlands: ACM Press, pp. 57-64.

Jacobson I., Christerson M., Johnson P., and Overgaard, (1992). *« Object-Oriented Software Engineering ».* A Use Case Approach. ACM Press.

Jennings, N. R., (1995). *« Controlling cooperative problem solving in industrial multi-agent systems using joint intentions ».* Artificial Intelligence, 74(2).

Jennings, N.R., Wooldridge, M.J., (1998). *« Agent Technology: Foundations, applications, and Markets ».* Springer-Verlag: Heidelberg, Germany.

Ji , Y.G., and Salvendy, G., (2002). *« A metadata filter for intranet portal organizational memory information systems »*. International Journal of Human-Computer Studies, vol. 56, pp. 525- 537.

Josserand, E., Saint Léger, B., (2004). *« Les difficultés pratiques des communautés de pratique ».* Acte de la 13ème conférence de l'AIMS, Normandie, Vallée de Seine, Juin.

Kampis,G., (1991).*« Self-Modifying Systems in Biology and Cognitive Science ».* Pergamon Press.

Kanawati, R., and Malek, M., (2002). *« A multi-agent system for collaborative bookmarking,»* in Proceedings of the first international joint conference on Autonomous agents and multiagent systems: part 3. Bologna, Italy: ACM Press, pp. 1137-1138.

Kassab, R., Lamirel, J.C., Nauer, E. (2005). *« Une nouvelle approche pour la modélisation du profil de l'utilisateur dans les systèmes de filtrage d'information basés sur le contenu : Le modèle de filtre détecteur de nouveauté ».* Actes de CORIA (Grenoble, France, 9-11 mars) pp. 185-200.

Kechid, S., Drias, H. (2006). *« Accès personnalisé à des multiples serveurs d'informations »*. Actes de CORIA (Lyon, France, 15-17 mars, pp. 249-254.

Keeble R.J, and Macredie, R.D., (2000). *« Assistant agents for the world wide web intelligent interface design challenges »* Interacting with Computers, vol. 12, pp. 357-381.

Kenfack, C., (2006), *« A Multi-Agents Model for sharing and exchanging Knowledge in Community of practices »*.ICSOFT Setubal Portugal.

Kenfack, C., (2007). *« Modeling Community of Practices Using Intelligent Agents ».* CSCWD Melbourne, Australia.

Kenfack, C., (2007). *« Modélisation d'un outil d'intermédiation à base d'agents pour les communautés de pratiques ».* Inforsid, atelier PeCUSI, Perros Guirrec, 27 Avril.

Kenfack, C., (2007). *« Partage et Acquisition des connaissances dans une communauté de pratiques (CoPs) à base d'agents »*. Atelier modélisation des connaissances, EGC, Namur.

Kenfack, C., (2009). *« Modeling intermediation system based on intelligent agents for Community of Practices. »*. CSCWD, Chily.

Kenfack, C., Boulanger, D (2008). *« An Intermediation System based on Agents modelling to share Knowledge in Community of practices »*. ICSOFT Porto, Portugal.

Kimble, C., Hildreth, P., Wright, P., (1998). *« Computer Mediated Communications and Communities of Practice ».* Proceedings of Ethicomp'98, March, Erasmus University, the Netherlands, pp 275 - 286.

Kinny, D. and Georgeff. M. (1997). *« Modelling and design of multi-agent systems ».* In Proc. of the 3rd Int. Workshop on Intelligent Agents: Agent Theories, Architectures, and Languages, ATAL'96, pages 1–20, Budapest, Hungary, Aug.

Kinny, Y. Georgeff, M. and Rao, A. (1999). *« Methodology and modelling technique for systems of bdi agents ».* In W.van der Welde and J. Perram, editors, Decentralized AI 2 - Proceedings of the Second European Workshop on Modelling Autonomous Agents and Multi-Agent Worlds (MAAMAW-90).Springer Verlag Lecture Notes in AI 1038.

Klein S. (1999). *« Introduction to electronic auction».* International Journal of electronic Markets, 7(4):3-6.

Kloos, M., (2006). *« Communities of Practices 2.0: How Blogs, wikis, and social bookmarking offer facilities that support learning in practice in communities of practice ».* Master Thesis, University of Amsterdam.

Klusch, M., (1999). *« Intelligent Information Agents: Agent-based Information Discovery and Management in the Internet »,* Springer.

Koch, M., Lacher, M., and Worndl, W., (2001). *« The Community- ItemsTool- interoperable community support in practice »* presented at Enabling Technologies: Infrastructure for Collaborative Enterprises. WET ICE Proceedings. Tenth IEEE International Workshops on.

Koch, N., Wirsing, M., (2002). *« The Munich Reference Model for Adaptive Hypermedia Applications »*. In: De Bra, P., Brusilovsky, P., Conejo, R. (eds.): Proceedings of the 2nd International Conference on Adaptive Hypermedia and Adaptive Web-Based Systems (AH 2002) (Malaga, Spain, May 29-31, 2002), Lecture Notes in Computer Science, vol. 2347, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, pp. 213–222.

Koda T., (1996). *« "Agents with Faces": A Study on the Effects of Personification of Software Agents ».* M.S. Thesis, Massachusetts Institute of Technology.

Korhonen, J., Isto, P. (2003). *« Practical Experiences in Developing Ontology-Based Multi- Agent System » .* In: Abramowicz, W., Klein, G. (eds): Proceedings of the 6th International Conference on Business Information Systems (BIS 2003) (Colorado Springs, USA, June 4-6, 2003), pp. 147-152.

Labrou, Y., Finin, T., (1997). *« A Proposal for a new KQML Specification ».* Technical Report CS-97-03.

Labrou, Y., Finin, T., and Peng, Y. (1999). *« Agent communication languages: The current landscape ».* IEEE Intelligent Systems, 14(2):45–52, 1999. IEEE.µ

Langton, C., (1989). *« Computation at the edge of chaos ».*Physica D, 42.

Lashkari Y., Metral M., Maes P. (1997). *« Collaborative Interface Agents ».* Proceedings of the Twelfth National Conference on Artificial Intelligence. (1-4 August 1994 ; Seattle, USA), Laurel B., (1997) Interface Agents : Metaphors with Character. Sotware Agent, Ed. by J. M. Bradshaw, AAAI Press.

Lave, J., Wenger, E., (1991). *« Situated learning: legitimate peripheral participation »*. Cambridge university press, Cambridge, UK.

Lazaric, N., Lorenz, E., (1998). *« Trust and Economic learning »* **–** Edward Elgar – Londres.

Le Strugeon E., Adam E. et Kolski C. **(2001).** *« Agents intelligents en interaction Homme-Machine dans les Systèmes d'information ».* In C. Kolski (Eds.), Environnements évolué et évaluation de l'I.H.M., Interaction Homme-Machine pour les S.I. 2, Paris : Editions Hermes, pp. 209-248.

Lee C-S., and Pan, C-Y., (2004). *« An intelligent fuzzy agent for meeting scheduling decision support system »* Fuzzy Sets and Systems, vol. 142, pp. 467-488.

Lee, W-P., and Tsai, T-C, (2003). *« An interactive agent-based system for concept-based web search ».* Expert Systems with Applications, vol. 24, pp. 365-373.

Lemaître, C., and Excelente, C.B., (1998). *« Multi-agent network for cooperative work »* Expert Systems with Applications, vol. 14, pp. 117-127, 1998.

LeMoigne, J.L. (1999). *« L'Intelligence de la Complexité»* avec Edgar Morin. Edition l'Harmattan

Leontiev, A., (1974). *« The problem of Activity in Psychology »*, Soviet Psychology, Vol XIII (2), Sciences Press Inc, New York.

Lesser, V. R. (1995). *« Learning Coordination Plans in Distributed Problem-Solving Environments ».* Proceeding of the first International Conference on Muiti-agent Systems, ICMAS, AAAI, Technical Report, 93-. 27, Univ. of Massachusetts.

Leuf, B., Cunningham, W., (2001). *« The Wiki Way: Collaboration and Sharing on the Internet* ». Addison-Wesley Professional, Boston, USA.

Lieberman H., (1997). *« Autonomous Interface Agents ».* Proceedings of the Conference on Human Factors in Computing Systems, (22-27 Mars 1997 ; Atlanta, USA), CHI'97, Ed. by Pemberton S., New-York, USA : ACM Press, pp. 67-74.

Lieberman, H., van Dyke, N., and Vivacqua, A., (1999). *« Let's browse: a collaborative browsing agent »* Knowledge-Based Systems, vol. 12, pp. 427-431.

Limayem M., Bergeron F., Richard A., (1997). *« Utilisation de la messagerie électronique mesures objectives versus mesures subjectives ».* Systèmes d'Information et Management, Vol. 2, No. 1.

Lindemann, G., Ines Münch, (2001). *« Role concept for Agent in Multi-agent systems »*, MASCHO, 19-21 September 2001, Vienna.

Livet P., Reynaud B., (1998). *« Trust and Economic Learning »* – In Lazaric N; et Lorenz E. (sous la direction de): Edward Elgar – Londres.

Loia, V., Senatore, S., and Sessa, M.I.M.I., (2004). *« Similarity-based SLD Resolution: it's Role for Web Knowledge Discovery ».* FUZZY SETS AND SYSTEMS. Vol. 144, pp. 151-171 ISSN: 0165-0114. Special Issue on "Advances in Possibilistic Logic and Related Issues".

Lorenz, E., (2001). *« Confiance interorganisationnelle, intermédiaires et communautés de Pratique »*.http://www.cairn.info/article.php?ID_REVUE=RES&ID_NUMPUBLIE=RES_108&ID_ARTICLE=RES_108_0063. Lavoisier Réseaux, 4 - n° 108 ISSN 0751-797, pages 63 à 85

Lyell, M., (2002). *« Interoperability, standards, and software agent systems ».* 23rd Army Science Conference.

M.R. Jean [nom collectif] (1997). *« Emergence et SMA ».* 5ème Journées Francophones sur l'Intelligence Artificielle Distribuée et les Systèmes Multi-Agents. Quinqueton, Thomas, Trousse eds, Hermes, 323-342.

Maasdorp, C., (2001). *« Bridging Individual and Organisational Knowledge: The Appeal of Tacit Knowledge »,* in Knowledge Management Theory, ISMICK.

Mack M*.,* **(1999). «** *L'apprentissage d'équipe »* l'expansion Management Review. N° 92 Mars, PP 70-75.

Maglio, P. P., Campbell, C. S., Barrett, R. and Selker, T. (2001). *« An architecture for developing attentive information systems ».* Knowledge-Based Systems, vol. 14, pp. 103-110.

Malone, T., Crowston, K., (1994). *« The Interdisciplinary Study of Coordination* ». ACM Computing Surveys 26(1), March.

Mandiau R., (1993). *« Contribution à la modélisation des univers multi-agents : génération d'un plan partagé ».* Thèse de doctorat, Université de Valenciennes et du Hainaut-Cambrésis, 22 février.

Manville, B. et Foote, N., (1996). *« Harvest your workers' knowledge ».* PlugIn Datamation. July.

Maret, P., Calmet, J., (2006). *« Un modèle multi-agents pour la gestion des connaissances ».* In Magazine du Département Informatique de l'INSA.

Maret, P., Calmet, J., Endsuleit, R., (2004). *« Agent oriented Abstraction ».* Ciencias de la Computaci´on / Computational Sciences, Rev. R. Acad. Cien. Serie A. Mat. VOL. **98 (**1), 2004, pp. 77–83

Maret, P., Hammond, M., Calmet, J., (2004). *« Agent Societies for corporate Knowledge issues ».* International Workshop ESAW04, Toulouse, France.

Marsh S., and Y. Masrour, Y., (1997). *« Agent augmented community information: the ACORN architecture ».* In Proceedings of the conference of the Centre for Advanced Studies on Collaborative research Toronto, Ontario, Canada IBM Press, pp. 17

Martial, F. V., (1992). *« Coordinating Plans of Autonomous Agents ».* Springer- Verlag: Heidelberg, Germany.

Marx, K., (1867). *« Capital: A Critique of Political Economy »*. Chapitre premier du *Capital, Le Capital*, Livre 1,.

Mattison, D., (2003). *« Quickiwiki, swiki, twiki, zwiki, and the plone wars: Wiki as pim and collaborative content tool »*. Searcher: the magazine for database professionals, 11(4):32–48. URL http://search.epnet.com/login.aspx?direct=true&db=buh&an=9453668.

Meissonnier R., (2000). *« Organisation virtuelle: conceptualisation ; ingénierie et pratiques ».* Thèse de doctorat de gestion, Aix Marseille III.

Moreno, J.L., (1954). *« Fondements de la sociométrie »,* Paris, Presses universitaires de France.

Morin, E., (1990), *« Introduction à la pensée complexe »,* ESF éditeur.

Müller, J., (1996). *« Negotiation principles ».* In G. M. P. O'Hare and N. R. Jennings, editors, Foundations of Distributed AI, pages 211-230. John Wiley & Sons: Chichester, England.

Nakanishi, H., (2004). *« FreeWalk: a social interaction platform for group behaviour in a virtual space »* International Journal of Human-Computer Studies, vol. 60, pp. 421-454.

Newell, A., (1993). *« Reflections on the Knowledge Level ».* Artificial Intelligence 59, 1993, pp. 31-38.

Noel, S., Robert, J-M (2004). *« Empirical study on collaborative writing: What do co-authors do, use, and like? Computer Supported Cooperative Work »*, 13:63–89.

Nonaka, I., (1991). *« The knowledge-creating company »,* Harvard Business Review, 69, November-December, 96-104.

Nonaka, I., Takeuchi, H., (1995). *« The knowledge-Creating Company ».* Oxford University Press, New York, USA.

Nwana, H. S., (1996). *« Software Agent: an overview ».* Knowledge Engineering Review, 11, 3, pp. 205-244.

Nwana, H.S., Ndumu, D.T. (1998). *« A Brief Introduction to Software Agent Technology ».* In: [Jennings, Wooldridge,].

Odell, J., Van Dyke Parunak, H., Bauer, B., (2001). *« Representing Agent Interaction Protocols in UML ».* In: Ciancarini P., Wooldridge, M. (eds.): Agent-Oriented Software Engineering, LNCS 1957, Springer, 2001, pp. 121 – 140.

Ossowski, S. (1998). *« Co-ordination in Artificial Agent Societies ».* LNAI 1535, Springer.

Panzarasa, P., Jennings, N.R., Norman, T.J.,(2002). « Formalizing Collaborative Decision-making and Practical Reasoning in Multi-agent Systems ». J. Log. Comput. 12(1): 55-117.

Papazoglou, M.P., Laufmann, S.C., Sellis, T.K., (1992). *« An organizational framework for cooperative Intelligent Information System »*. In International Journal of Intelligent and cooperative Information Systems, Vol 1, N°1, pp 169-202.

Paraponaris, C., Béret, P., Mendez, A., Richez-Battesti, N., (2003). *« R&D personnel and human resource management in multinational companies: between homogenization and differentiation ».* International Journal of Human Resource Management, Vol. 14 No.3, pp.449-68.

Parunak, H. V. D., Odell, J., (1998). *« Representing Social Structures in UML ».* In: Wooldridge, M., Weiss.

Pattee, H . (1989). *« In Artificial Live ».* Langton C. (ed), Addison Wesley.

Piaget, J. (1949-1950). *« Introduction à l'épistémologie génétique »*. 3 v. Paris: Presses universitaires de France.

Piaget, J. (1977d). *« Études sociologiques ».* Genève-Paris : Librairie Droz.

Pierre, S., Kacan, C., and Probst, W., (2000). *« An agent-based approach for integrating user profile into a knowledge management process »*. Knowledge-Based Systems, vol. 13, pp. 307-314.

Poggi, A., Tomaiuolo, M., Turci P., (2004). *« Using Agent Platforms for Service Composition ».* ICEIS (4), Porto, Jun, pp 98-105.

Polanyi, M. (1966). *« The Tacit Dimension »* Routledge and Kegan Paul: London, UK.

Polanyi, M., (1969). *« The Tacit Dimension »,* DoubleDay, New York.

Powell, W., (1999). *« Neither Market nor Hierarchy: Network Forms of Organisation ».* Research in Organisational Behavior 12, pp. 295-336.

Preece, J. (2000) *« Online Communities: Designing Usability, Supporting Sociability».* In R. Earnshaw, R. Guedj, A. van Dam and T. Vince (Eds) *Frontiers of Human-Centred Computing, Online Communities and Virtual Environments.* Springer Verlag: Amsterdam, 263-277. www.ifsm.umbc.edu/onlinecommunities

Probst G., Raub S. & Romhardt K., (2000). *« Managing Knowledge: Building Blocks for Success »,* John Wiley & Sons, Ltd., Chichester.

Quintero Carillo Ramos A. C., Ucros M., (1998). *« Multi-Agent System Coordination Model applied to the administrative Process of Systems Auditory in an Organization ».* Proceedings of the 4th International Conference on information Systems Analysis and Synthesis, (12-16 July; Orlando, USA), ISAS'98.

Rahwan, T., Rahwan, I., Ashri, R., (2004). *« Agent-based Support for Mobile Users using AgentSpeak (L) »*. In P. Giorgini, B. Henderson-Sellers, and M. Winikoff, editors, Agent-Oriented Information Systems AAMAS-04 Workshop appears in volume 3030 of Lecture Notes in Artificial Intelligence, pages 47--62, 2004. Springer-Verlag.

Rao, A., Georgeff, M., (1995). *« BDI Agents: From Theory to Practice ».* In: Lesser, V. (Ed.): Proc. of the 1st Int. Conference in Multi-Agent Systems (ICMAS'95), IEEE Computer Society Press, 1995, pp. 312-319.

Raybourn, E.M., Kings, N., Davies, J., (2001). *« Adding cultural signposts in adaptive community-based virtual environments »,* Interacting with Computers, 2003, 15, 91-107 D. De Roure, D., Hall, W., **Reich, S., Hill, G.,**

Reix. R., (2002). *« Systèmes d'information et management des organisations »*. 4éme ed. Edition Vuibert.

Revault, N., (1996). *« La modélisation des procédures administratives : une première approche de l'ontologie des Praxis»*, In Colloque Représentation Par Objets (RPO 95), Conférence invitée, Technologie objet et méta-modélisation, Montpellier, France.

Rheingold H., (1993). *«The Virtual Community: homesteading on the electronic Frontier ».* New York: Addison-Wesley.

Rhodes J., (2000). *« Just-In-Time Information Retrieval ».* Ph.D. Thesis, MIT Media Lab, May.

Ribette, R., (1996). *« Des intelligences individuelles à l'émergence de l'intelligence collective »* lors du 1e Salon International de la Formation, SIF, Tunisie, CIFCO, La Charguia, Tunis, 27-30 Novembre.

Rigaud E., (2003). *« Définition et opérationnalisation d'une organisation virtuelle à base d'agents pour contribuer à de meilleures pratiques de gestion des risques dans les PME-PMI ».* Thèse Informatique, Mines de Paris, [ENSMP], Pôle Cindyniques.

Robial, M., (2004). *« Communauté de pratique et travail collectif à distance en documentation, Projet PHARE ».* DEA Communication homme-machine et ingénierie éducative Université de Maine, Le Mans.

Roda, C., Angehrn, A., Nabeth, T., Razmerita, L., (2003). *« Using conversational agents to support the adoption of knowledge sharing practices »* Interacting with Computers, vol. 15, pp. 57-89.

Rosen, H., (1985). *« Anticipatory systems »*.Pergamon Press.

Rosenschein, J.S. , Zlotkin, G., (1994). *« Rules of Encounter: Designing Conventions for Automated Negotiation among Computers »*.MIT Press, Cambridge, Massachusetts.

Roy, B., Bouyssou, D., (1993). *« Aide multicritère à la décision : Méthodes et cas ».* Ed Gestion Economica, Paris, p68.

Rumbaugh J., Blaha M., Premerlani W., Eddy F., Lorensen W., (1991). *« Objectoriented modeling and design ». Printince Hall,* OMT.

Rus D., Gray R., Kotz D., (1997). *« Transportable Information Agent ».* Journal of Intelligent Information systems. 9, 3, pp. 215-238.

Sabas, A., (2001). *« Systèmes multi-agents : Une Analyse Comparative des méthodologies de développement» Vers la convergence des méthodologies de développement et la standardisation des plateformes SMA »*. Maîtrise en mathématiques et informatique appliquées. Université du Québec à Trois-Rivières Octobre.

Schael, T., (1997). *« Théorie et pratiques du Workflow : des processus métiers renouvelés»*.Editions Springer, Berlin.

Schmid, B., Stanoevsk-Slabeva, K., (1995): « *Knowledge Media: An Innovative Concept and Technology for Knowledge Management in the Information Age ».* Beyond

Convergence: 12th Biennal International Telecommunications Society Conference, Stockholm, Sweden, June.

Schmidt, K., (1994). *« Cooperative Work and its articulation: Requirements for computer support ».* Le travail Humain, 57, 345-366.

Schreiber A. Th., Wielinga B. J., Akkermans J. M., Van de Velde W., (1994) *« CommonKADS: A comprehensive Methodology for KBS Development ».* Deliverable DM1.2a KADS-II/M1/RR/UvA/70/1.1, University of Amsterdam, Netherlands Energy Research Foundation ECN and Free University of Brussels.

Schreiber, G. , Akkermans, H. , Anjewierden, A., de Hoog, R. , Shadbolt, N. , Van de Velde, W., and Wielinga, B., (2000). *« Knowledge engineering and management: the CommonKADS methodology ».* MIT Press.

Searle, J.R (1972). *« Speech Acts ».* Cambridge University press, 1969. Herman (en 16972 en Français)

Senge, P. M., (1990). *« The Fifth Discipline. The art and practice of the learning organization »,* London: Random House. 424 + viii pages

Shan L., Pan, Dorothy E., Leidner, (2003). *« Bridging Communities of Practice with Information Technology In Pursuit Of Global Knowledge Sharing »*. Journal of Strategic Information Systems, pp 71-88.

Shaw, N.G., Mian, A., Yadav, S.B., (2002). *« A comprehensive agent-based architecture for intelligent information retrieval in a distributed heterogeneous environment ».* Decision Support Systems, vol. 32, pp. 401-415.

Sichman, J.S., (1995). *« DEPNET: how to benefit from social dependence ».* Taylor & Francis, London, ROYAUME-UNI (1971) The Journal of mathematical sociology ISSN 0022-250X , Revue, vol 20, nº2-3, pp. 161-177.

Sierhuis, M., Clancey, W.J., (1997). *« Knowledge, Practices, Activities and People »,* in AAAI97 pp 142-148.

Simon, H. (1997). «Models of Man», Wiley, New York.

Singh, S., Dey, L., (2005). *« A new customized document categorization scheme using through membership ».* Applied Soft Computing, vol. 5, pp. 373-390.

Sorensen, C., Macklin, D., and Beaumont, T., (2001). *« Navigating the World Wide Web: bookmark maintenance architectures »*. Interacting with Computers, vol. 13, pp. 375-400.

Soulier E., (2001). *« Les techniques de Storytelling pour l'acquisition et la gestion des connaissances -Récit et apprentissage par l'expérience* ». Extraction et Gestion des Connaissances, EGC'2001, Vol. 1, n°1-2/, Hermès.

Soulier E., (2004*). « Les communautés de pratique au coeur de l'organisation réelle des entreprises ».* Systèmes d'Information et Management, Vol. 9, No. 1.

Spulber D. F., (1999). *« Market microstructure and intermediation ».* In Spulber Daniel F. (édit.), Market Microstructure: Intermediaries and the theory of the firm, Cambridge University Press, Cambridge, UK, p. 3-26.

Staab S., Schnurr, H-P., (2000). *« Smart task support through proactive access to organizational memory »* Knowledge- Based Systems, vol. 13, pp. 251-260.

Staab, S., Schnurr H-P., (1999). *« Knowledge and Business Processes: Approaching an Integration ».* OM '99 - Proceedings of the international Workshop on Knowledge Management and Organisational Memory (IJCAI-99). Stockholm, Sweden, pp 253- 276.

Steinmueller E., (2002). *« Virtual communities and the New Economy »,* in Mansell R. (ed.): Inside the Communication Revolution – Oxford University Press – Oxford.

Stenuit Hautdidier, F., (2006). *« Créer et animer des communautés de pratique : Préconisations pour une entreprise de formation et de conseil ».* Mémoire de DESS en Sciences de l'information et de la documentation spécialisées, Conservatoire National des Arts et Métiers Institut National des Techniques de la Documentation Oct.

Sumi Y., Mase, K., (2001). *« AgentSalon: facilitating face-to-face knowledge exchange through conversations among personal agents ».* In Proceedings of the fifth international conference on Autonomous agents. Montreal, Quebec, Canada: ACM Press, pp. 393-400.

Sumi Y., Mase, K., (2002). *« Conference assistant system for supporting knowledge sharing in academic communities ».* Interacting with Computers, vol. 14, pp. 713-737.

Sumi Y., Mase, K., (2002). *« Supporting the awareness of shared interests and experiences in communities »*. International Journal of Human-Computer Studies, vol. 56, pp. 127-146.

Susi, A., Perini, A., Mylopoulos, J., Giorgini, P., (2005). *« The TROPOS Metamodel and its use »*. Informatica Nr 29 (2005), pp 401-408.

Sycara, K., Decker, K., Zeng, D. , (1998). *« Intelligent Agents in Portfolio Management ».* In: Jennings, N., Wooldridge, M. (Eds.): Agent Technology: Foundations, Applications, and Markets, Springer, pp. 267-283.

Szulanski, G., (2000). *« The process of knowledge transfer: a diachronic analysis of stickiness »*. Organizational Behaviour and Human Decision Process, vol.82, n° 1, p9-27.

Tacla, C.A., Barthès, J-P (2002). *« A Multi-agent Architecture for KM Systems ».* Second IEEE International Symposium on Advanced Distributed Computing Systems ISADS 2002 Nov 13-15, 2002, Guadalajara, Mexico.

Tamine, L., Bahsoun, W., (2006). *« Définition d'un profil multidimensionnel de l'utilisateur ».* Actes de CORIA 2006 (Lyon, France, 15-17 mars), pp. 225-236.

Tashiro, N., Hattori, H., Ito, T., Shintani, T., (2004). *« Implementing a proxy agent based writable web for a dynamic information sharing system »* in Proceedings of the 13th international World Wide Web conference on Alternate track papers \& posters. New York, NY, USA: ACM Press.

Taylor, C., (1991). *« Le dépassement de l'épistémologie »,* Critique de la raison phénoménologique*, J. Poulain éd., Paris, Cerf (Passages), p. 115-135.*

Thomas J. et al., (2002). *« Extending the GAIA methodology for complex open systems »:* ROADMAP: Extending the GAIA methodology for complex open systems, 2002.

Tsoukas, H., (2001). *« Knowledge bases perspectives on organizations: situated knowledge »,* novelty, and Systems Journal, vol 40, n°4, p842-862.

Van Elst L. , Abecker A. (2002). *« Domain Ontology Agents for Distributed Organizational Memories »,* in Rose Dieng-Kuntz and Nada Matta (eds.): Knowledge Management and Organizational Memories, Kluwer Academic Publishers, July 2002.

Varela F. (1989). *« Autonomie et connaissance », Essai sur le vivant »,* Le Seuil .

Varela, F., Thompson, E., & Rosch, E. (1991). *« The embodied mind: Cognitive science and human experience»* MIT Press, Cambridge, MA, USA.

Verharen, E., Dignum, F., (1997). *« Cooperative Information Agents and Communication ».* In: Klusch, M. (Ed.): Proc. of the 1st. International Workshop on Cooperative Information Agents, LNAI 1202, Springer-Verlag**.**

Vygotsky, L., (1986). *« Thought and Language ».* The MIT Press.

Wang, A.I Conradi R. and Liu, C., (1999). *« A multi-agent Architecture for CSE »*. Software Engineering and Knowledge Engineering (SEKE) Kaiserslautern, Germany.

Weber, M., (1978). *« Economy and Society ».* Roth, G., Wittich, C. (Eds.). Berkeley, CA, University of California Press.

Webster, C., (1995). *« Communication Ethics and Human-Computer Cognitive Systems ».* Proc. of the 1st. Int. Conf. on Cognitive Technology, http://edutools.cityu.edu.hk/ct1995/webster.htm.

Weiss, G., (1999). *« Multi-agent Systems: a Modern Approach to Distributed Artificial Intelligence »,* MIT Press.

Wenger E., E, McDermott, R., et Snyder, W., (2002). *« Cultivating Communities of Practice: A Guide to Managing Knowledge - Seven Principles for Cultivating Communities of Practice »*. http://hbswk.hbs.edu/archive/2855.html.

Wenger, D., (1987). *« Transaction memory: a contempory analysis of group mind ».* in Mullen B. And

Wenger, E, McDermott, R., et Snyder, W., (2005). *« Seven Principles for Cultivating Communities of Practice »*. Harvard Business School Working Knowledge, April 4 issue.

Wenger, E. (2001). *« Supporting communities of practice: a survey of community-oriented technologies».* Report to the Council of CIOs of the US Federal Government, March.

Wenger, E., McDermott, R., Snyder, W.M., (2000). *«Communities of practice: the organizational Frontier»*, Harvard Business Review, jan.-févr., p.139-145.

Wernerfelt, B., (1984). *« The Resource-Based View of the Firm ».* Strategic Management Journal; 5, (2), pp. 171-180.

Wielinga B., Van de Velde W., Schreiber G., Akkermans H., (1993). *« Towards a unification of knowledge modelling approaches ».* Second generation expert systems, Ed. by David J.M., Krivine J.P., Simmons R., pp. 299-335, Londres: Springer-Verlag.

Winograd, T. Flores, F., (1996). *« Understanding Computers and Cognition: A New Foundation for Design »,* Ablex.

Wood, M., and DeLoach, S., (2001). *« An overview of the Multiagent systems engineering Methodology ».* In Proc. of the 1st Int. Workshop on Agent-Oriented Software Engineering, AOSE'00, pages 207–222, Limerick, Ireland.

Wooldridge, M., (2000). *« Reasoning about Rational Agents »*. MIT Press,

Wooldridge, M., Ciancarini, P., (2001). *« Agent-Oriented Software Engineering: The State of the Art ».* In: Ciancarini P., Wooldridge, M. (eds.): *Agent-Oriented Software Engineering,* LNCS 1957, Springer, 2001, pp. 1 – 28.

Wooldridge, M., Jennings, N., and Kinny, D., (2000). *« The Gaia methodology for agent oriented analysis and design »*. Autonomous Agents and Multi-Agent Systems, 3(3):285–312.

Wooldridge, M., Jennings. N., (1999). *« Software Engineering with Agents ».* Pitfalls and Pratfalls, IEEE.

Wooldridge, M.J., Walker, A., (1995). *« Understanding the Emergence of Conventions in Multi-Agent Systems ».* In ICMAS95, pages 384--389. San Francisco, CA.

Ye, Y., Boies, S., Huang, P., and Tsotsos, J., (2001). *« Smart distance and WWWaware: a multi-agent approach »*. In Proceedings of the fifth international conference on Autonomous agents. Montreal, Quebec, Canada: ACM Press, 2001, pp. 176-177.

Yoshida, S., Kamei, K., Ohguro, T., and Kuwabara, K., (2003). *« Shine: a peer-to-peer based framework of network community support systems ».* Computer Communications, vol. 26, pp. 1199- 1209.

Yoshida, S., Ohguro, T., Kamei, K., Funakoshi, K. and Kuwabara, K., (2000). *« A platform for making network community support systems in a cooperative distributed architecture »*. Presented at Parallel and Distributed Systems: Workshops, Seventh International Conference.

Yoshida, S., Ohguro, T., Kamei, K., Funakoshi, K., Kuwabara, K., (1996). *« Shine: a Cyber-community Application Platform | A Proposal | unfamiliar situations »*. International Journal of Intelligent and Cooperative Information Systems, 1, 5, pp. 7-20.

Yu L., (1999). « *A Conceptual Framework For Agent Oriented and Role Based Workflow Modeling ».* Proceedings of the Conference on Advanced Information Systems Engineering, (14-15 june; Heidelberg, Germany), CaiSE'99.

Yu, E., (1995). *« Modelling Strategic Relationships for Process Reengineering ».* PhD thesis, University of Toronto, Department of Computer Science.

Zacklad, M., Grundstein, M., (eds) (2001). *« Management des connaissances, modèles d'entreprise et applications »,* Hermès, 245 p.

Zambonelli F., Jennings, N., Wooldridge, M., (2001). *« Organisational Abstractions for the Analysis and Design of Multi-Agent Systems ».* In: Ciancarini P., Wooldridge, M. (eds.): Agent-Oriented Software Engineering, LNCS 1957, Springer-Verlag, pp. 235 – 251.

Zambonelli, F., Jennings, N., Omicini, A., Wooldridge, M., (2001). *« Agent-Oriented Software Engineering for Internet Applications »*. Omicini, A., Zambonelli, F., Klusch, M., & Tolkdorf, R. (eds.). Co-ordination of Internet Agents: Models, Technologies, and Applications, Springer, pp. 326 – 346.

Zara, O., (2004). *« Le management de l'intelligence collective: vers une nouvelle gouvernance »,* Edition Paris.

Zemirli, N., Lechani Tamine, L., Boughanem, M. (2005). *« Accès personnalisé à l'information : Proposition d'un profil utilisateur multidimensionnel »*. In: Proceedings of the 7th International Symposium on Programming and Systems (ISPS'2005) (Algiers, Algeria May 9-11) [En ligne]. Disponible sur: http://www.isps2005.dz/proceedings/papers/3-244.pdf;