



HAL
open science

AIDE À LA CONCEPTION COLLABORATIVE. UN SYSTEME DE MEDIATION POUR L'USAGE DE MICRO- OUTILS LOGICIELS

Alain-Jérôme Fougères, Victoria Eugenia Ospina

► **To cite this version:**

Alain-Jérôme Fougères, Victoria Eugenia Ospina. AIDE À LA CONCEPTION COLLABORATIVE. UN SYSTEME DE MEDIATION POUR L'USAGE DE MICRO- OUTILS LOGICIELS. In *Cognito* - Cahiers Romains de Sciences Cognitives, 2009, 3 (3), pp.89-121. hal-00569367

HAL Id: hal-00569367

<https://hal.science/hal-00569367>

Submitted on 24 Feb 2011

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

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

AIDE À LA CONCEPTION COLLABORATIVE UN SYSTEME DE MEDIATION POUR L'USAGE DE MICRO- OUTILS LOGICIELS

Victoria Eugenia OSPINA et Alain-Jérôme FOUGERES

Laboratoire M3M – Université de Technologie de Belfort-Montbéliard
Rue du château Sévenans, 90010 BELFORT
Mél : {victoria.ospina,alain-jerome.fougeres}@utbm.fr

Résumé

Nous présentons, dans cet article, deux concepts pour améliorer l'assistance à la coopération en conception de systèmes mécaniques : 1) le concept de micro-outils développé pour assister l'activité elle-même des concepteurs et 2) le concept de système de médiation introduit pour faciliter la coopération des concepteurs. Un micro-outil est destiné à une tâche bien identifiée, dont il va faciliter ou améliorer l'exécution, tout en laissant à son utilisateur toute latitude dans l'organisation de son activité à une échelle plus globale. Pour supporter l'usage des micro-outils nous avons développé une plate-forme agent (PLACID : Plate-forme Logiciel d'Aide à la Conception Innovante et Distribuée). Celle-ci apporte une assistance au travail de co-conception, guidé ou non par des processus complexes de type workflow. L'utilisation de systèmes coopératifs doit comporter un niveau suffisant d'assistance pour faciliter et coordonner l'activité des acteurs (réalisation de tâches et résolution collective de problèmes). Pour cela nous introduisons dans les interrelations coopératives des acteurs un acteur artificiel, le Médiateur (ou système de médiation), dont le rôle est de servir d'intermédiaire de coopération. Ce rôle s'avère des plus pertinents lorsque les acteurs sont engagés dans des situations de travail coopératif distantes. Dans l'intention d'illustrer notre approche nous présentons la conception des micro-outils et du système de médiation que nous avons intégrés dans un atelier coopératif d'analyse fonctionnelle technique (l'atelier MO-AFT).

Abstract

We present in this article two concepts to assist cooperation in mechanical systems design: 1) micro-tools concept, developed to assist the activity itself and 2), the concept of mediation system, introduced to facilitate cooperation between designers. A micro-tool is specialized for a precise task, which it is going to facilitate or improve his execution while leaving enough organization freedom to the user in his activity, in a more global scale. To support the use of micro-tools we developed a agent based platform (PLACID: Platform of Software of Help to the Conception Innovated and Distributed). This platform respects our goal to give assistance to the co-conception work, gided or not by complex processes of type "workflow". The use of cooperative systems must contain a sufficient level of assistance to facilitate and coordinate the actor's activities (accomplishment of tasks and collective problems resolution). In order to accomplish this goal, we introduce an artificial actor: the mediator (or mediation system), which role is to serve as a cooperation mediator. This role is particularly useful when actors are engaged in distant cooperative work situations. To illustrate our approach we will present

the design of the micro-tools and the mediation system integrating a cooperative desktop of technical functional analysis (MO-AFT).

1. Introduction

De façon générale, le travail coopératif et les activités collaboratives instrumentées, telles que la conception collaborative, nécessitent des outils :

- de communication interpersonnelle ou de groupe (de types synchrones et/ou asynchrones),
- d'organisation et de coordination des groupes et des activités,
- de distribution et de partage d'informations, d'applications, de ressources,
- de définition spatio-temporelle de la coopération : de la distance spatiale entre les membres d'une équipe (réalité / virtualité géographique) et de la distance temporelle dans l'interaction (séquentialité / parallélisme).

Dans cette perspective, nous proposons la conception de micro-outils (μ -outils) destinés à assister l'activité collaborative de concepteurs de systèmes mécaniques (co-conception mécanique), ainsi que le concept de système de médiation introduit pour faciliter leur coopération. Le concept de μ -outil (Van Handenhoven et Trassaert, 1999) correspond à des applications logicielles légères, faciles d'utilisation, insérables dans un environnement partagé et connectables entre elles. Pour supporter l'usage des μ -outils nous avons développé la plate-forme agent *PLACID* : (Plate-forme Logiciel d'Aide à la Conception Innovante et Distribuée). Cette plate-forme offre un contexte technique susceptible d'apporter une assistance au travail de co-conception, guidé ou non par des processus complexes de type *workflow* (contrôle et exécution de procédés coopératifs).

Les μ -outils supportés par la plate-forme ne sont pas nécessairement intégrés dans un processus prédéfini de conception. Leur utilisation peut être simplement ponctuelle, apportant un service bien ciblé dans une phase de conception. Il participe alors pleinement au processus d'émergence intrinsèque à la conception distribuée (Garro, 1996). Quoiqu'il en soit, chaque μ -outil est connecté au système d'agents de la plate-forme *PLACID* par agentification, ce qui permet de réaliser une interface de communication entre les μ -outils et le système d'information coopératif.

Les principales caractéristiques des agents (autonomie, adaptabilité, coopération et communication) permettent, d'une part, de gérer efficacement des composants distribués, hétérogènes et autonomes, et, d'autre part, de faciliter les échanges d'informations et le partage de ressources entre les composants (communication et coopération). Les agents de la plate-forme sont de type application (μ -outils et autres outils d'aide à la co-conception), coordinateur/médiateur, système et interface. Le système d'agents assure, quant à lui, l'organisation et le contrôle de la communauté d'agents. L'utilisation effective du système (via une interface elle-même conçue selon une approche agent) se fait dans un contexte multi-utilisateurs.

L'usage de systèmes coopératifs, fortement interactifs et souvent distribués, doit s'accompagner de niveaux suffisants d'assistance. L'identification et la mise en œuvre de ces niveaux d'assistance peuvent conduire à concevoir un véritable système de médiation dans lequel la communication homme-machine jouera un rôle

majeur. Un tel système de médiation doit servir d'intermédiaire de coopération entre les utilisateurs et le système, et entre les utilisateurs eux-mêmes. En effet, le système ne peut mener à bien les tâches qui lui sont affectées, sans la coopération des utilisateurs. Les processus dynamiques, coopératifs et autonomes nécessaires à cette interaction doivent alors intégrer une représentation des connaissances et des comportements de l'utilisateur et posséder de réelle capacité à communiquer. Après avoir proposé un premier niveau d'assistance aux utilisateurs de systèmes complexes, avec notamment la notion de système de multi-assistance (Ospina et Fougères, 2003), nous proposons maintenant la définition de systèmes de médiation (acteurs *Médiateurs*) capables d'assister et de faciliter la coopération entre ces mêmes utilisateurs (Mille et al., 2006). Pour concevoir un tel système il est nécessaire de modéliser les activités coopératives et d'identifier les connaissances nécessaires à la réalisation du système coopératif cible (définition des tâches, modèle d'activité, mémoire d'activité), avant de pouvoir y associer la médiation.

Afin de définir une méthodologie de conception de tels systèmes de médiation, nous avons effectué une première expérimentation d'instrumentation de la médiation pour un atelier coopératif d'analyse fonctionnelle (*MO-AFT*). Cet atelier intègre un ensemble de μ -outils coopératifs qui permettent d'instrumenter les différentes tâches à réaliser lors de l'analyse fonctionnelle d'un objet ou d'un système mécanique.

Cet article est structuré comme suit : dans la section 2 nous présentons les différents concepts impliqués dans l'assistance logicielle au travail collaboratif, ainsi que la notion de médiation. Les deux sections suivantes décrivent successivement le concept de μ -outils coopératifs et la conception de système de médiation qui permet d'introduire un acteur *Médiateur* dans l'interaction coopérative de concepteurs. Dans la section 5 nous illustrons l'usage coopératif et médié de μ -outils supportés par la plate-forme *PLACID* et déployés dans l'atelier d'analyse fonctionnelle *MO-AFT*. Finalement, en section 6, nous évoquons la poursuite de notre travail, notamment sur l'extension du concept de μ -outils à d'autres types d'activités coopératives.

2. Assistance instrumentée pour le travail coopératif

2.1. Les concepts du travail collaboratif

Le développement des TIC, la démocratisation de l'Internet, l'utilisation des nouvelles ressources sur Internet ont donné naissance à de nouvelles méthodes de travail. Nous faisons, bien entendu, allusion au CSCW (*Computer Supported Cooperative Work*) (Schmidt et Bannon, 1992) et au développement des collecticiels.

Par définition le collecticiel est un logiciel qui assiste un groupe d'utilisateurs à la réalisation d'un projet commun. Les membres du groupe collaborent à distance, soit au même moment (activité synchrone), soit à des moments différents (activité asynchrone). Les champs d'application sont très nombreux. Ainsi des activités aussi diverses que la conception de produits industriels, l'enseignement, les relations commerciales ou les jeux, sont susceptibles d'être assistées par l'ordinateur. Les systèmes informatiques destinés au support du travail coopératif doivent permettre aux utilisateurs de réaliser une tâche collaborative à partir de postes de travail respectifs ou depuis des installations spécialisées (salles de vidéoconférence, salles virtuelles de co-conception, etc.). Les collecticiels doivent permettre à plusieurs

2.2. L'assistance à l'utilisateur

Avant de décrire plus précisément les concepts de μ -outils et de système de médiation, nous abordons ici la problématique de l'assistance à la coopération. Les travaux portant sur cette problématique couvrent des domaines variés. L'un d'entre eux, très prolifique, nous sert de référence : les environnements interactifs d'apprentissage humain (EIAH). Les thèmes sur l'assistance traités dans les EIAH concernent essentiellement : les systèmes conseillers (Paquette et Tchounikine, 2002), le suivi synchrone d'activités d'apprentissage (Desprès, 2001), la délivrance d'informations, l'aide à l'utilisation. Pourtant la terminologie associée à la notion d'aide aux utilisateurs reste assez imprécise. Elle contient de nombreuses notions, parmi lesquelles : l'assistance, le guidage, le conseil, l'explication ou le rappel, mais aussi l'artefact lui-même. En effet, le terme d'aide se rapporte souvent à l'aide en ligne disponible dans les logiciels, assimilable à un mode d'emploi (interface, fonctions, procédures).

- L'assistance à l'utilisateur comporte une prise en charge partielle de la tâche. Elle est souvent mise en œuvre par des agents qui effectuent une partie de la tâche ou guident fortement l'utilisateur. Quand la prise en charge est totale, le système effectuant lui-même les tâches, on parlera de substitution (Boullier, 06).
- Le guidage consiste à accompagner l'utilisateur dans l'accomplissement de la tâche en donnant des conseils, rappels et aussi en déchargeant l'utilisateur de la réalisation de certaines tâches, notamment routinières, (Boy, 03)
- Le conseil produit bien souvent des informations d'ordre méthodologiques. Il est aussi pertinent de différencier les conseils essentiellement liés à la démarche préconisée ou aux produits élaborés (Paquette et Tchounikine, 2002).
- L'explication a pour essence de décrire le fonctionnement ou le résultat d'une action ou d'un raisonnement dans le contexte de l'utilisateur.
- Le rappel donne à un acteur, inscrit dans une activité collective, des informations de type délais, état de produits, actions à mener, etc., en rapport avec ces responsabilités et le rôle qu'il joue au sien d'un groupe de travail.

Bien d'autres domaines intéressés par le développement d'applications de travail coopératifs se sont arrêtés sur la problématique de l'assistance, notamment la conception collaborative (notre cadre d'expérimentation) et le développement coopératif à grande échelle de logiciel (Lonchamp, 2003 ; Caelen et *al.*, 2005). Tous ces domaines s'accordent sur la complexité du travail coopératif assisté par ordinateur, en partie due à ses dimensions sociologiques et techniques. Pour mieux appréhender cette problématique nous avons poursuivi notre étude en la répartissant sur trois champs : un champ théorique, un champ cognitif et un champ technique.

- La modélisation du travail coopératif, bénéficie amplement de la théorie de l'activité (Vygotski, 1978), du modèle des 3C (Ellis et Wainer, 1994) et de la théorie de la coordination.
- La connaissance des utilisateurs est primordiale pour la pertinence d'un système de médiation. Celle-ci consiste à définir les caractéristiques et les besoins de l'utilisateur potentiel du système coopératif. Il nous paraît judicieux de développer un modèle de système de médiation centré sur l'homme - chaque

utilisateur aura une perception différente de l'application, selon son rôle et son activité (Millot, 2003).

- Les techniques développées pour les collectifs, comme la médiatisation des communications, le partage des objets, l'organisation et la gestion des contextes, et la conscience de groupe (Lonchamp, 2003).

2.3. La médiation pour la coopération

Pour faciliter l'utilisation d'applications coopératives il apparaît alors judicieux de les interfacer à un système de médiation (que nous appellerons *Médiateur* par la suite), dont le rôle consistera à délivrer une réponse précise à chaque cas d'utilisation de l'application et à chaque acteur identifié dans une action collective. Un référentiel sur les différents niveaux contextuels du système coopératif devient indispensable (Fig. 2). Celui-ci, prolongeant les propositions de B. David (Delotte et David, 2004), établit un point de vue anthropocentré, pour les couches supérieures et un point de vue technocentré pour les couches inférieures. Notre travail porte sur la partie centrale, le domaine fonctionnel du système de médiation, à l'interface entre les deux points de vue anthropocentré et technocentré.

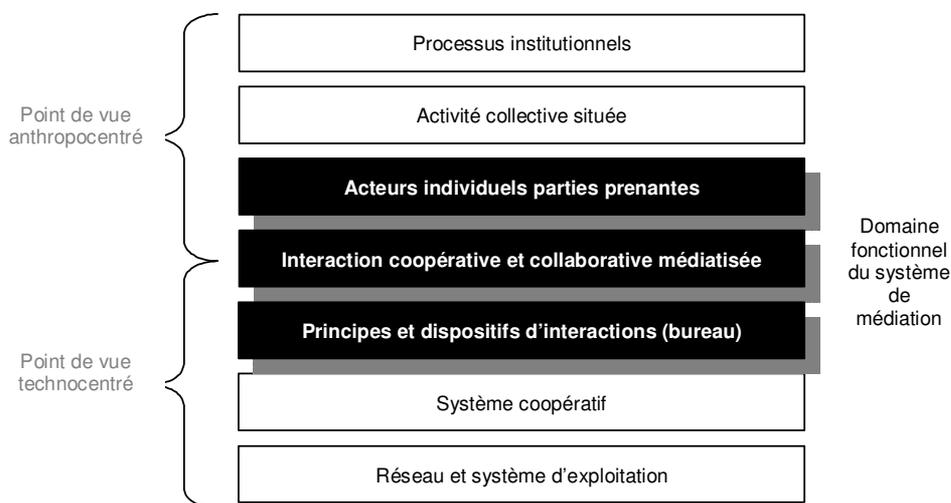


Figure 2 — Contexte d'un système coopératif

Le concept de médiation est décrit chez certains psychologues tels que Vygotski, Piaget ou encore Brunner. Pour Vygotski (Vygotski, 1978), le langage est le premier outil de médiation, notamment au travers de ses dimensions sociales et psycholinguistiques. Peraya et Meunier (Peraya et Meunier, 1999) proposent une typologie de la médiation d'où il ressort trois classes :

- La *médiation technologique* qui englobe tout outil cognitif pouvant d'une manière ou d'une autre contribuer aux activités de l'Homme.

- La *médiation sensori-motrice* qui s'attarde sur les médiateurs moteurs tels qu'une souris ou un clavier.
- La *médiation sociale* (ou relationnelle) : selon les psychologues du développement, « l'activité cognitive est une activité intra-individuelle issue de l'intériorisation de la relation inter-individuelle » (Peraya et Meunier, 1999) ; nos relations sociales provoquent une activité réflexive individuelle.

Dans la littérature le concept de *Médiateur* comprend de multiples acceptions : facilitateur de prise de décision collective (Adla et al., 2007) ou assistant électronique pour la réalisation de tâches collectives (Ramadour et al., 2001), par exemples. Pour nous il s'agit d'un acteur intermédiaire de coopération capable d'assister l'action individuelle, tout autant que l'action collective, afin d'améliorer la production collective lorsqu'elle est instrumentée. Cette médiation est d'autant plus pertinente que la situation coopérative fait interagir des acteurs distants.

La médiation que nous proposons reste sous le contrôle naturel des acteurs. En cela, il s'agit d'une assistance et non d'une automation qui draine tout un lot d'insatisfaction de la part des utilisateurs : perte d'expertise, contentement pour des solutions non optimales, confiance inconsiderée, perte d'adaptabilité (Hoc, 2003). L'articulation de notre travail sur la conception de systèmes de médiations repose alors sur les quatre propositions suivantes :

- l'assistance adaptée à l'utilisation d'un système complexe correspond à une multi-assistance ;
- le système de médiation doit être indépendant de la partie applicative de l'outil et de son interface ;
- les SMA sont bien adaptés pour la conception des systèmes du système de médiation ;
- les situations de coopération étant très variées, il nous apparaît utile de travailler sur la base de scénarii typiques pour concevoir un système de médiation (approche model-based (Caelen et al., 2005)).

3. μ -outils et activités collectives

3.1. Le concept de μ -outil

Le concept de μ -outil (Van Handenhoven et Trassaert, 1999) s'oppose à la tendance actuelle des outils de conception, souvent lourds, prescriptifs, et parfois peu employés. Il apporte une réponse intéressante au caractère opportuniste du processus de conception (Sadek, 1996). Un concepteur peut utiliser certains de ces outils pour réaliser une tâche, mais pas nécessairement, comme il aurait utilisé ou non une calculatrice pour effectuer un calcul (Fig. 3). L'usage des μ -outils apparaît alors bien adapté aux activités non routinières, en particulier créatives. Les propriétés de ces outils sont idéalement :

- faciles à apprendre et à utiliser (quelques minutes),
- peu complexes (même s'ils peuvent être développés sur la base d'une théorie élaborée),

- rapidement implémentables et modifiables (évolution), y compris par les concepteurs eux-mêmes,
- autonomes, mais aussi réactifs lorsqu'ils sont définis pour des processus coopératifs.

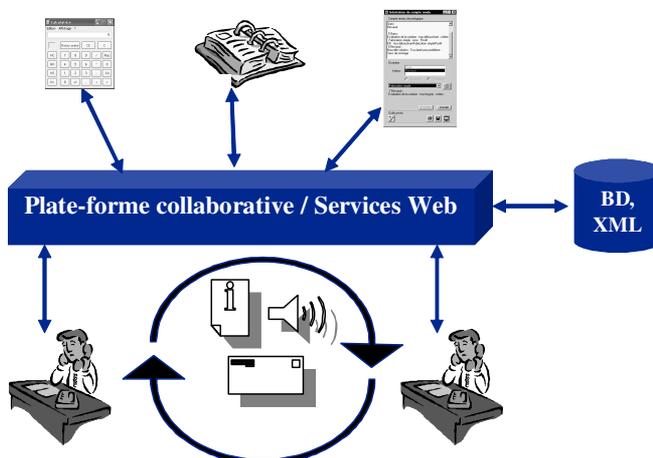


Figure 3 — *Le concept de μ -outil et son usage*

Nous venons de définir le concept de μ -outil comme pouvant apporter une aide à la réalisation d'une tâche élémentaire et ponctuelle entrant dans une activité bien définie – le produit de la tâche pouvant être un objet intermédiaire de conception (de Terssac et Friedberg, 1996). Le développement d'un μ -outil s'inscrit alors spontanément dans une démarche orientée activité. Nous énonçons ci-dessous les différents principes conduisant à leur structuration informatique :

- selon l'activité cible l'usage du μ -outil est individuel ou collectif, et les tâches peuvent (mais pas nécessairement) être structurées en plan d'action ; il est alors indispensable de bien spécifier les conditions d'usage du μ -outil (description du cycle de vie des objets et leurs conditions de partage) ;
- l'interaction entre l'acteur et le μ -outil porte principalement sur l'acquisition de données (objets de l'activité), leur mise en relation, avec des moyens graphiques par exemple, puis leur accès et leur gestion ;
- l'identification et la description du μ -outil étant le fruit d'un travail collectif et pluridisciplinaire (conception participative), la réalisation de maquettes, pour l'échange des idées, est recommandée ;
- le μ -outil est développé en respectant des principes d'une démarche de qualité logicielle.

Suivant ces principes, le processus participatif (Caelen et al., 2005) de développement d'un μ -outil débute par l'analyse de l'activité et aboutit sur les produits logiciels correspondants, ainsi que sur sept documents (livrables) constituant la mémoire de leurs conceptions. Trois grandes phases structurent ce processus nommé *ICI* (Identification, Conception, Intégration) :

- la phase d'identification des μ -outils, renvoyant aux niveaux supérieurs de l'ingénierie système et nécessitant une collaboration de l'ensemble des acteurs, consiste à identifier, parmi les tâches qui composent une activité, celles qui pourront être instrumentées, puis à les spécifier ;
- la phase de conception vise, selon une approche incrémentale, propice à l'établissement d'un dialogue permanent entre tous les acteurs du processus de développement, à élaborer l'architecture du μ -outil et de ces composants, à développer et à tester ces derniers (UML/Java), puis à valider l'interface utilisateur (Fougères, 2004 ; 2005) ;
- la phase d'intégration à la plate-forme *PLACID* reliée à un *ORB* (Object Request Broker) et chargée de la gestion des échanges et du partage des objets et des informations.

3.2. Des μ -outils coopératifs

Nous considérons deux types de μ -outils : les μ -outils adaptés à la conception de produits et les μ -outils d'aide à la coopération dans les activités de conception ; nous parlerons alors de micro-outils coopératifs (MOC). Ces derniers sont distribués entre des acteurs qui interviennent selon leurs domaines de compétences, répondant ainsi aux besoins de l'ingénierie concourante et de la co-conception. Nous avons évoqué que le travail collaboratif, en tant qu'activité sociale implique la communication, l'organisation (et donc la coordination) et la distribution d'information (échange et partage de connaissances) ; les MOC constituent une réponse à cette nécessité en se focalisant sur le niveau de la tâche.

La Théorie de l'Activité (TA) (Vygotski, 1978 ; Kuutti, 1996) définit les trois niveaux d'activité, de tâche et d'opération. Nous avons alors établi les trois co-relations suivantes : les systèmes coopératifs correspondent au niveau des activités, les μ -outils au niveau des tâches et les fonctionnalités à celui des opérations (Tab. 1). Ainsi les μ -outils permettent de décomposer un logiciel en un ensemble de modules adaptés à la réalisation de tâches élémentaires. Plusieurs de ces μ -outils peuvent être associés pour accomplir des tâches plus complexes.

Tableau 1— *Correspondance de niveaux dans l'activité humaine et les systèmes d'information coopératifs (SIC).*

Niveau	Théorie de l'activité	Humain	SIC
Macro	Activité	Motivation pour le projet	Collecticiel
Micro	Action/Tâche	But opératoire	μ-outil
Nano	Opération	Conditions	Fonction/Méthode d'un agent

3.3. Le paradigme agent pour les μ -outils

Le principal intérêt des SMA est qu'ils permettent de distribuer des agents – entités communicantes, autonomes, réactives et dotées de compétences (Ferber, 1995).

Ces propriétés sont celles attendues aussi bien pour une plate-forme d'aide à la conception collaborative, que pour les applications qu'elle supporte, tels les MOC.

3.3.1. Eléments de modélisation

La définition de nos agents est adaptée du modèle à 3 niveaux de l'opérateur de Rasmussen (comportement réflexe, comportement à base de règles, comportement à base de connaissances avec interprétation, décision et plan). Nous l'avons interprété comme modèle de processus de nos agents dont les comportements sont adaptés aux tâches qu'ils réalisent. Dans (Fougères, 2003 ; 2004) nous avons proposé l'architecture générale de tels agents. Celle-ci, inspirée de la théorie de modularité de J. Fodor est composée de cinq modules gérant les connaissances, la perception, la communication, le contrôle et le raisonnement de l'agent.

Nous ajouterons à cette description sommaire que les agents sont des entités hétérogènes aux modes d'interactions variés et aux comportements complexes. Une modélisation de SMA doit aussi définir le type d'organisation des agents et la capacité d'évolution du SMA.

3.3.2. Des agents communicants et coopérants

La communication est le principal mécanisme d'interactions d'un agent avec la communauté des agents. Pour communiquer entre eux (information ou dialogue pour la coopération), les agents expriment leurs intentions selon un langage inspiré de la théorie des actes de langage (Searle, 1972). La forme générale d'un acte de langage est donnée par J. Searle sous l'expression $F(p)$, avec $F = \{Affirmer, Demander, Promettre, Exprimer, Déclarer\}$ et p une proposition. Le format que nous avons retenu est défini par le quintuplet $\langle Intention, Emetteur, Récepteur, Langage, Message \rangle$. Il permet de représenter le contexte, l'intention et le message de la communication.

Les systèmes de travail collaboratif sont constitués de composants distribués, hétérogènes, autonomes et coopératifs. Les systèmes développés en intelligence artificielle distribuée (IAD), et notamment les SMA sont donc bien adaptés. L'apport potentiel des agents concerne : la prise en charge d'actions répétitives et la délégation de tâches sans intérêt pour l'utilisateur, la prise de décision par compréhension du contexte d'usage (pertinence), la personnalisation de l'information (préférences, buts et capacités des utilisateurs), l'interactivité plus naturelle (modalités, présentation), l'adéquation aux systèmes en réseau et/ou coopératifs.

Les comportements individuels et coopératifs des agents sont variés : initialisations, planification des actions, émission et réception de documents et de messages, recherche de documents ou d'information, supervision de procédures. Chacun de ces services correspond à la mise en œuvre de compétences. La figure 4 présente les 3 niveaux de coopération que nous considérerons dans la suite de l'article 1) la coopération naturelle [H-H], 2) la coopération semi-naturelle [H-A] et 3) la coopération artificielle [A-A].

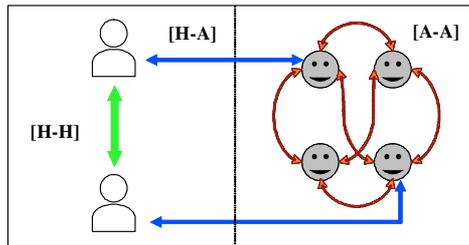


Figure 4 — 3 niveaux de coopérations considérées (H : Hommes et A : Agents)

4. Une proposition de médiation

L'identification des différents niveaux d'assistance nécessaires à de systèmes, fortement interactifs, coopératifs et parfois distribués, peut conduire à concevoir un système de médiation, pour lequel l'interface homme-machine et les modèles de coopération et de connaissances joueront un rôle majeur. Ce système de médiation devient alors un véritable acteur de la coopération que nous nommons *Médiateur* (Fig. 5). En référence aux travaux de Simon sur les systèmes de traitement de symboles (cerveau et ordinateur), nous proposons que la coopération regroupe un collectif d'acteurs humains (systèmes naturels) et un acteur *Médiateur* (le système artificiel de médiation).

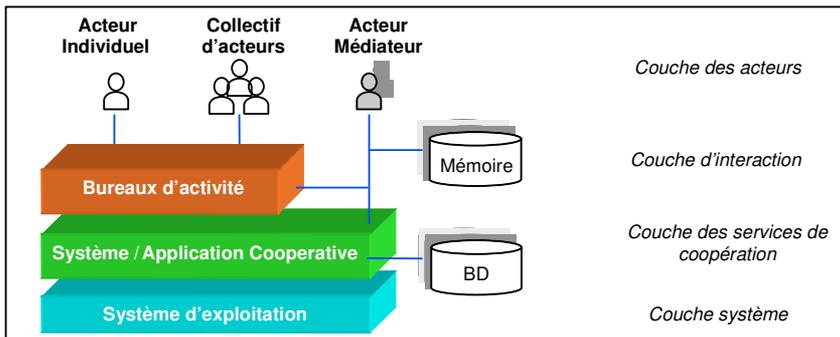


Figure 5 — Intégration d'un Médiateur (acteur artificiel) dans une architecture d'application coopérative

4.1. Les systèmes de coopération cibles

Pour appréhender la conceptualisation du système de médiation, il est nécessaire de bien le distinguer du système coopératif cible, ce que nous décrivons ci-dessous. Les systèmes coopératifs (ou applications coopératives) que nous considérons dans cet article sont destinés à la conception collaborative de produits, que ce soit en situation de conception distribuée ou de co-conception. Dans de tels systèmes, les pratiques collectives des acteurs sont principalement : l'allocation des tâches selon les compétences des acteurs, la synchronisation des actions et la synchronisation cognitive pour partager les connaissances, la gestion des conflits, ainsi que de

multiples actions de communication (Darses et Falzon, 1996). Le système coopératif doit donc offrir des fonctionnalités propres au déroulement de l'activité collective et permettre ainsi aux partenaires de la conception de coopérer pour : identifier les buts et partager leurs définitions, déterminer et distribuer les sous-butts associés, répartir les tâches à réaliser, suivre l'évolution de l'activité, évaluer les résultats de la conception collective.

La conception des collecticiels repose sur la mise en œuvre de services logiciels adaptés aux besoins de la collaboration. Le modèle des 5Co décrit ces services. Nous sommes bien conscients que la séparation entre les cinq facettes du modèle est artificielle, mais nous conserverons néanmoins ces facettes comme références, puisqu'elles sont implicitement invoquées par la majorité des concepteurs de systèmes coopératifs.

Quant à l'assistance à la coopération, elle dépend du cadre conceptuel de cette dernière. Tout comme P. Salembier (Salembier, 2002) nous distinguons deux types d'assistance : l'assistance par la régulation prescriptive ou par la régulation émergente. Le concept de système de médiation permet de couvrir les deux types d'assistance, cependant, jusqu'à présent, nous nous sommes essentiellement focalisés sur la première ; la régulation émergente faisant partie de nos perspectives d'expérimentation.

4.2. Le système de médiation

Un système de médiation doit servir d'intermédiaire de coopération non seulement entre les utilisateurs et le système, mais aussi réciproquement. En effet, le système ne peut mener à bien les tâches qui lui sont affectées, sans la coopération des utilisateurs. Les processus dynamiques, coopératifs et autonomes nécessaires à cette interaction doivent donc intégrer une représentation des connaissances et des comportements de l'utilisateur et posséder de réelle capacité à communiquer.

Les bénéfices attendus de l'intégration d'un système de médiation dans un système coopératif sont les suivants : proposer aux utilisateurs un espace d'activité privé et un espace public pour partager les informations ; laisser l'opportunité aux utilisateurs de travailler individuellement ou de façon coopérative ; faciliter l'identification, l'assistance et le suivi des tâches coopératives. Par accomplir ces tâches le *Médiateur* a besoin d'observer puis interpréter les interactions entre les acteurs et le système coopératif.

Pour répondre à ces objectifs, notamment pour les caractéristiques implicites de distribution, coopération et assistance à l'utilisateur, nous proposons que la conception et le développement de l'acteur *Médiateur* soient orientés agents. Bien évidemment, de l'identification et de la distribution des agents, dépendra l'efficacité de l'interaction entre les acteurs (humains et artificiels) (Fougères 2003 ; 2004). La figure 6 présente le diagramme d'activité de principe du *Médiateur* et ses relations avec les acteurs. Celui-ci respecte le schème d'un acteur cognitif, utilisant des connaissances contenues dans une mémoire (Ospina et al., 2005 ; Ospina et Fougères, 2009) :

Acteur = <Perception, Interprétation, Décision, Action>

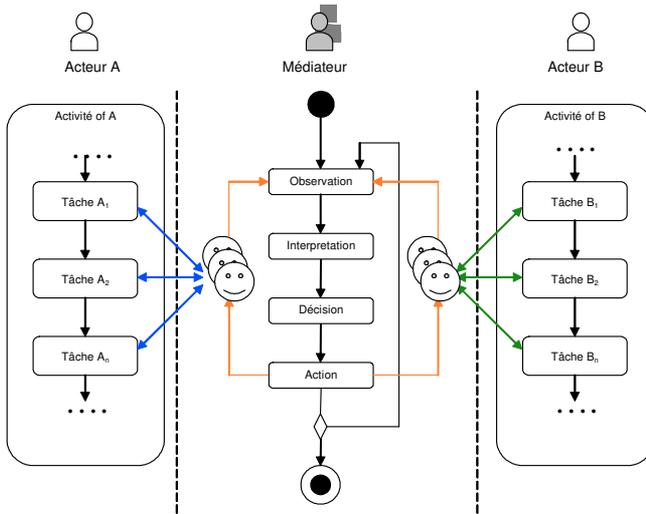


Figure 6 — Schème d'activité du Médiateur

Le *Médiateur* est intégré au groupe d'acteurs humains engagés dans une activité coopérative, ce qui signifie qu'il est en mesure d'interagir et de coopérer avec eux. Pour cela il doit accomplir les tâches cognitives d'observation, d'interprétation, de décision et d'action (Fig. 7). Bien entendu la portée de ces tâches est plus limitée que celle d'un acteur naturel ; elles lui permettent cependant de communiquer des informations coopératives pertinentes aux différents membres du groupe. L'observation des actes de coopération réalisés par des acteurs travaillant dans des espaces coopératifs proxémiques, puis distants, nous a permis d'identifier un premier niveau d'interactions nécessaires à la pertinence d'une médiation dans un espace coopératif distant, et correspondant aux fonctions des 5Co. Une interaction est alors représentée au moyen d'un quadruplet :

Interaction = <Emetteur, Récepteur, Acte, Objet>

et correspond à l'expression d'un acte coopératif défini dans l'ensemble des 5Co (cf. Fig. 1) :

Actes = {Communication, Coordination, Coproduction, Co-mémorisation, Contrôle_Processus}

Pour spécifier le cadre interactionnel entre les agents du *Médiateur* et les acteurs nous avons défini un langage dont les principaux éléments sont recensés dans le tableau suivant (Tab. 2).

Tableau 2— Ensemble partiel des éléments du langage d'interaction

Éléments du langage	Signification
x	x est un agent ou un acteur
e	e est un événement
a	a est une action

m	<i>m est un message</i>
observer (x, e);	<i>x observe l'événement e</i>
réaliser (x, a);	<i>x réalise l'action a</i>
informer (x _e , x _r , m, t)	<i>x_e envoie à x_r le message m avec le type t</i>
diffuser (x _e , {x _r }, m, t)	<i>x_e diffuse à la liste x_r le message m avec le type t</i>
proposer (x _e , x _r , p)	<i>x_e propose à x_r la proposition p</i>
contre-proposer (x _e , x _r , p, p')	<i>x_e contre propose à x_r la proposition p' au lieu de p</i>
mémoriser (x, a);	<i>x mémorise l'action a</i>
refuser (x _e , x _r , p)	<i>x_e refuse à x_r la proposition p</i>
accepter (x _e , x _r , p)	<i>x_e accepte à x_r la proposition p</i>
demander (x _e , x _r , r, t)	<i>x_e demande à x_r la requête r de type t</i>
répondre (x _e , x _r , r, t)	<i>x_e répond à x_r la réponse r de type t</i>
ordonner (x _e , x _r , o, t)	<i>x_e ordonne à x_r l'ordre o de type t</i>
confirmer (x _e , x _r , c, t)	<i>x_e confirme à x_r la confirmation c de type t</i>

La coopération entre le *Médiateur* et les autres membres du groupe d'acteurs peut paraître problématique. Pour la rendre explicite, nous faisons une hypothèse forte de coopération en considérant les quatre maximes de Grice (les maximes de quantité, qualité, relation et manière) (Grice, 1975). Ces maximes, bien qu'initialement énoncées comme principe de coopération linguistique, sont fréquemment invoquées dans des cadres plus généraux d'interactions. Cette hypothèse de coopération se justifie par le fait qu'il ne peut y avoir interaction sans un seuil minimum de coopération (Sadek, 1996), d'autant plus quand celle-ci concerne à la fois des acteurs humains et artificiels.

4.3. Modèle agent du *Médiateur*

4.3.1. Description des agents

Un agent logiciel est rationnel, finalisé et coopératif (Ferber, 1995). La définition que nous avons retenue pour que les agents aient des comportements adaptés aux tâches qu'ils réalisent, est adaptée du modèle des 3 niveaux de l'opérateur de Rasmussen (Rasmussen, 1983) : comportement réflexe, comportement à base de règles et comportement à base de connaissances. Nous l'avons interprété comme modèle de processus pour les agents. Dans le cas des agents du *Médiateur*, le deuxième niveau est efficient (Fig. 7) ; il correspond au triplet suivant :

Agent = <Observation, Décision, Action>

Chaque agent joue un rôle prédéfini, délimité par ses compétences. La coordination centralisée des agents est assurée par un agent de contrôle. Les règles de décision d'un agent sont regroupées dans une table de décision contenant des triplets ECA :

R = <Evénement, Condition, Action>

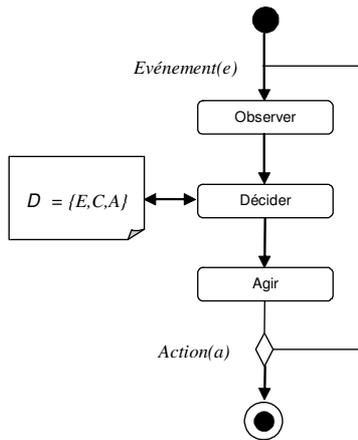


Figure 7 — Schème d'activité d'un agent du Médiateur

Dans (Fougères, 2003 ; 2004) nous avons présenté l'architecture générale d'un agent. Celle-ci, inspirée de la théorie de la modularité (Fodor, 1983), est composée de cinq modules gérant les connaissances, la perception, la communication, le contrôle et le raisonnement. Les agents sont des entités hétérogènes aux modes d'interactions variés et aux comportements complexes ; la modélisation d'un système d'agents doit aussi définir le type d'organisation des agents et la capacité d'évolution de l'organisation.

4.3.2. Les agents du Médiateur

Après avoir identifié l'ensemble des interactions potentielles entre les acteurs humains et le Médiateur, nous pouvons concevoir les agents spécialisés qui permettront au Médiateur d'assurer son rôle de médiation. La figure 8 présente le système d'agents du Médiateur. Les compétences des agents sont répertoriées dans le tableau 3.

Tableau 3— Les compétences des agents du Médiateur

Agents	Rôles
Agent de contrôle	Contrôler l'assistance aux utilisateurs
Agent de communication	Communiquer avec les acteurs
Agent de connaissance	Gérer la base de connaissances
Agent de suivi	Gérer le suivi et l'organisation de l'activité coopérative
Agent de coordination	Assister la coordination des acteurs
Agent de mémorisation	Gérer la mémoire d'activité
Agents d'observation	Obtenir des informations sur les opérations coopératives

En mettant en correspondance les compétences des agents avec le schème d'activité du Médiateur (Fig. 4), on constate que la tâche « observer » est réalisée par un groupe d'agents observateurs spécialisés dans l'acquisition d'informations de

coopération médiatisées par le système coopératif ; les tâches « interpréter » et « décider » sont réalisées par l'agent de connaissance et l'agent de contrôle ; le suivi de l'activité coopérative de tous les acteurs est réalisée par l'agent de suivi ; la mémorisation par l'agent de mémorisation ; et la tâche « agir », relative, par essence, à la communication d'informations pertinentes pour la coopération (communication pour agir), est réalisée par l'agent de communication. La coordination est centralisée au niveau de l'agent de contrôle.

La figure 8 présente l'architecture agent du *Médiateur*. Le système coopératif y est divisé artificiellement en deux parties pour faciliter la compréhension du schéma. Les trois agents observateurs sont spécialisés par modes de coopération, alors que l'agent de communication est unique (*ie*, réalisation de tâches de même nature).

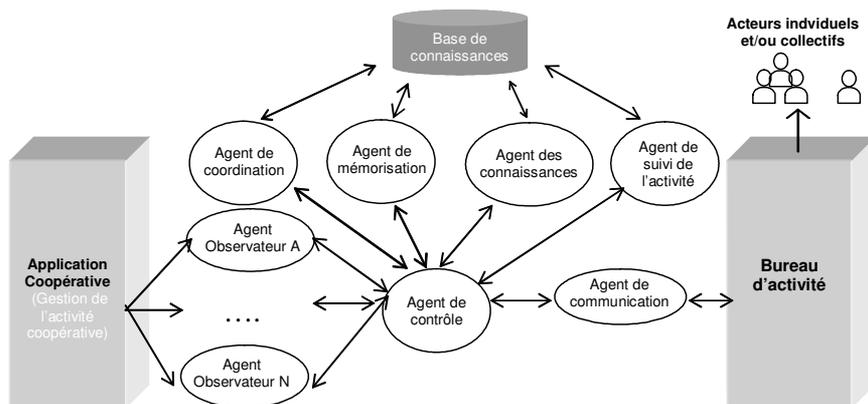


Figure 8 — L'architecture à base d'agents de l'acteur Médiateur

4.3. Un cadre méthodologique pour la conception de systèmes de médiation

Pour faciliter le développement de systèmes de médiation adaptés au travail coopératif, nous avons proposé une méthodologie de conception, composée de trois phases (*cf.* le diagramme SADT, Fig. 9) :

- La phase de faisabilité se compose des tâches suivantes : 1) le travail d'identification et de description du domaine, des acteurs et des activités ; puis 2) l'évaluation de l'amplitude de l'activité coopérative ; enfin 3) la décision quant à la nécessité d'instrumenter, ou non, une médiation pour cette activité coopérative.
- La phase de spécification définit : 1) le modèle d'activité (après l'identification des ressources, des mesures, des produits, des acteurs) ; 2) le modèle de l'acteur *Médiateur* (la médiation) ; 3) l'identification des compétences du *Médiateur* ; ceci sur la base des tâches collectives identifiées comme pouvant être médiées.

- La phase de conception comprend : 1) la conception des agents du *Médiateur* (diagrammes de classe et d'activité UML) ; 2) la réalisation des scénarios de collaboration entre ces agents (diagrammes de séquence ou de collaboration UML) ; et 3) la conception de la base de connaissances.

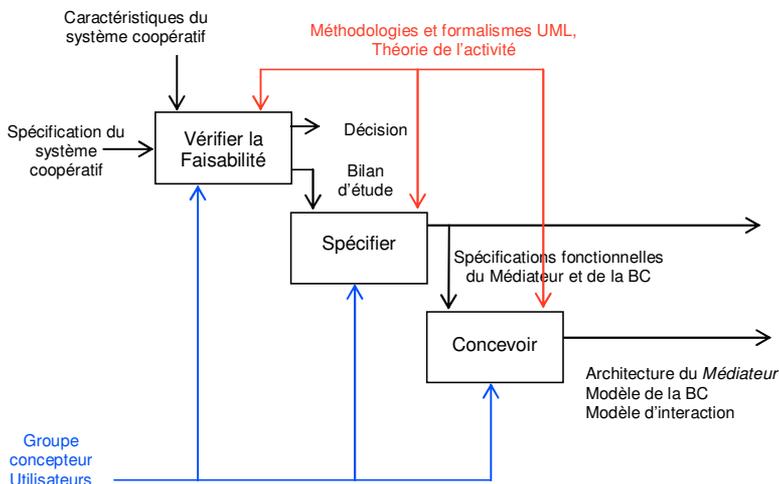


Figure 9 — *Diagramme SADT de la Méthodologie de conception de systèmes de médiation*

5. Application : μ -outils d'analyse fonctionnelle et *Médiateur*

L'analyse fonctionnelle (AF) est une méthode systématique et structurée de conception. Elle permet de décrire un produit sous forme fonctionnelle afin de prendre en compte les besoins de l'utilisateur. La description fonctionnelle finale est le résultat de deux analyses : une analyse fonctionnelle interne ou technique (AFT) et une analyse fonctionnelle externe (AFE). L'origine du projet de développement de μ -outils d'AF provient :

- du constat que si la méthode est reconnue pour rationaliser la conception, elle reste une méthode d'appropriation délicate et insuffisamment employée,
- d'un besoin d'outils bien identifiés pour supporter la démarche, guider l'utilisateur et aider à l'appropriation.

5.1. Identification des μ -outils pour l'activité d'AF

Afin de faciliter la lecture de ce qui suit, nous n'emploierons que le seul terme générique « collectif » pour qualifier un groupe de personnes qui interagissent et communiquent, de façon directe ou médiatisée, dans une situation de travail. Les rapports entre le collectif et l'organisation de l'activité de conception sont souvent envisagés selon 2 angles complémentaires :

- 2 formes d'organisation sont directement observées : l'organisation planifiée (programmes des concepteurs, intégration des savoirs dans une mémoire centrale, respect de règles initiales) et l'organisation flexible (fonctionnement grâce à la négociation entre des savoirs et des entités hétérogènes) (Maggi et Lagrange, 2002).
- 2 modes de conception collective sont observés : la co-conception, ou développement conjoint de la solution et synchronisation cognitive par construction d'un contexte partagé, et la conception distribuée, ou coopération par accomplissement de tâches déterminées et synchronisation opératoire (coordination) (Darses et Falzon, 1996).

Les situations de travail coopératif pour lesquelles nous proposons une assistance à base de μ -outils, sont caractérisées par deux niveaux de flexibilité : 1) une organisation matricielle des projets et des activités, basée sur l'association des compétences des acteurs participants (Perrin et *al.*, 1996), 2) le fait que les activités de conception sont souvent organisées de façon opportuniste (Visser, 2001). Pour le cas particulier de l'analyse fonctionnelle développé ici, cela se traduit, 1) par considérer le collectif comme une communauté de pratiques, éventuellement multi-métiers (Wenger, 1998 ; Zacklad, 2000), et 2) par faciliter l'auto-organisation du collectif, notamment par l'usage des MOC, conçus pour offrir au collectif l'espace nécessaire à la coopération (prescrite ou émergente), la négociation et la concertation, mais aussi par l'adjonction du *Médiateur* artificiel au collectif, dans le cas de coopération en session.

Nous proposons maintenant d'identifier les μ -outils susceptibles d'apporter une assistance à l'analyse fonctionnelle. Ce processus d'identification conduit à l'élaboration de diagrammes SADT, point de départ de la conception des μ -outils (12 μ -outils ont ainsi été identifiés) :

- analyse de l'activité, puis construction de graphes d'activité de référence (cf. Fig. 11, *Milex*→*Beso*→*Devo*, *Isys*→*Caraf*→*Hiera* ou *Flux*→*Conta*→*Granu*).
- identification des μ -outils dans les graphes d'activité,
- déduction des actigrammes SADT de référence, à partir des graphes d'activité – la figure 10 présente l'actigramme correspondant à la réalisation d'une AF externe.

La démarche d'AF pourra alors s'appuyer sur l'utilisation des 12 μ -outils suivants :

- les μ -outils d'analyse fonctionnelle externe : *Milex*, *Devo*, *Beso*, *Isys*, *Caraf* et *Hiera*, pour respectivement définir les milieux extérieurs (limites du système), définir l'évolution du système (cycle de vie), définir les besoins, établir la liste des fonctions (inventaire systémique), caractériser et hiérarchiser les fonctions.
- les μ -outils d'analyse fonctionnelle interne : *Nomen*, *Flux*, *Conta*, *Granu*, *Fast* et *Coll*, pour respectivement créer une nomenclature, réaliser un diagramme de flux, réaliser un diagramme de contact, assurer la granularité adaptée, réaliser un diagramme FAST (Functional Analysis System Technique) et collecter les données du processus.

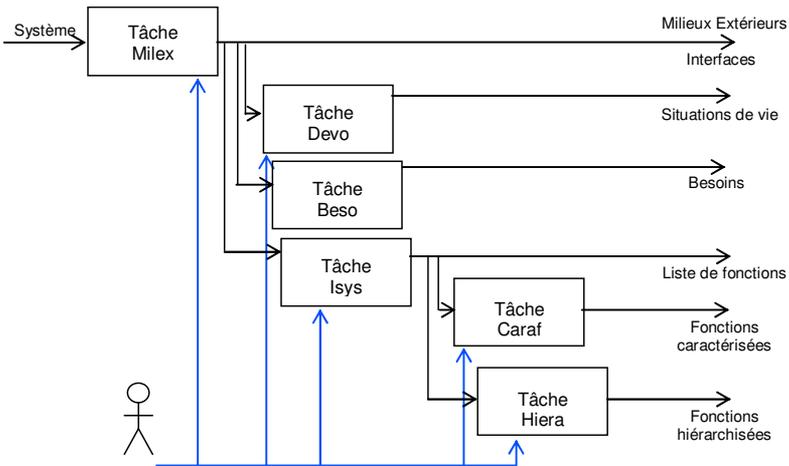


Figure 10 — Actigramme SADT d'une AF externe.

5.2. Conception des μ -outils d'AF

5.2.1. Spécification des μ -outils

Le diagramme de cas d'utilisation (Fig. 11) présente le contexte d'utilisation des μ -outils d'AF. Une activité d'analyse fonctionnelle peut être déclenchée à l'initiative d'un membre du groupe, qualifié d'initiateur, ou par un agent logiciel agenda, si une séance a été préalablement programmée. Ce diagramme est facilement déduit de l'actigramme SADT (Fig. 10) construit pour modéliser l'activité de référence d'AF.

La construction du diagramme de classe de chaque μ -outil est standardisée : une classe pour le μ -outil lui-même, une classe pour son IHM et un ensemble de classes pour gérer les objets de conceptions traités par le μ -outil. Un septième μ -outil permet de créer des processus tels que ceux identifiés sur la figure 11 (Milex→Beso→Devo par exemple). L'utilisation des μ -outils pourrait alors être prescrite par une méthodologie d'usage.

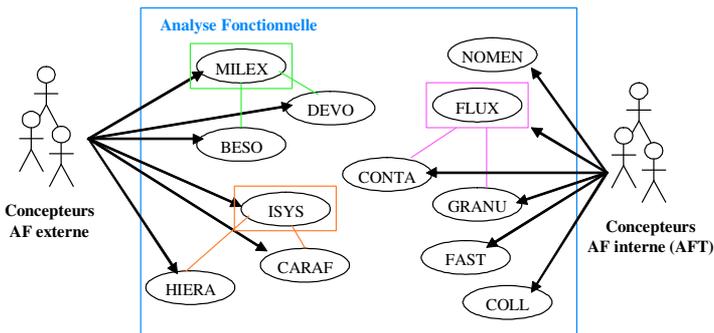


Figure 11 — Cas d'utilisation des 12 μ -outils d'AF par les concepteurs

Dernier type de diagramme réalisé lors de la phase de conception, le diagramme de collaboration. Celui-ci permet de décrire la communication et l'ordonnancement des agents impliqués dans un scénario de référence.

5.2.2. Conception des agents

L'atelier AF, en plus des agents déjà disponibles sur la plate-forme *PLACID*, nécessite le déploiement de 3 autres types d'agents : les agents μ -outils (*Milex, Devo, Beso, Isys, Hiera, Caraf, Nomen, Flux, Conta, Granu, Fast, Coll*), un agent bureau pour assister la session de travail du concepteur, un agent *ClientCorba* et un agent *ServeurCorba* pour gérer la coopération ainsi que le contexte multi-utilisateur. Le tableau précédent (Tab. 4) recense les différentes compétences mises en œuvre par chaque agent.

Tableau 4— *Les compétences des agents de MO-AF.*

Agents	Compétences
Des 12 μ -outils (Milex, Nomen, Flux, ...)	Gestion des μ -outils d'AF externe et interne : interactions utilisateurs et IHM associées.
Bureau	Communication avec <i>ClientCorba</i> . Coordination des agents des μ -outils. Transmission des données de projets. Communication à l'utilisateur des informations de coopération.
Client CORBA	Gestion des communications (messages et événements) côté client. Communication avec l'agent <i>ServeurCorba</i> (requête de l'utilisateur). Transmission des informations coopératives au bureau de l'utilisateur.
Serveur CORBA	Gestion des communications (messages et événements) côté serveur. Communication avec l'agent <i>ClientCorba</i> (réponse à l'utilisateur). Gestion des accès concurrents aux données et gestion des sessions des utilisateurs.
BD et/ou XML	Gestion de fichiers XML (création, ouverture, enregistrement, destruction, etc.). Gestion des échanges (requêtes/réponses) avec une BD, et transfert de données.

5.2.3. La plate-forme coopérative support

La plate-forme *PLACID* a pour principal objectif de faciliter l'utilisation de μ -outils de conception par une équipe de concepteurs proches ou distants, dans le cadre de la conception distribuée structurée en modules (fonctionnel, structurel, fabrication, maintenance). Cette plate-forme logicielle offre ainsi des services pour l'utilisation d'un environnement de co-conception virtuelle (partage d'objets, services de gestion de tâches, services de communications et outils d'aide à la décision).

L'éventail de configurations de *PLACID* permet aussi bien de gérer l'utilisation spécifique d'un μ -outil de conception que de constituer un véritable bureau virtuel de co-conception (Fougères, 2005). Ceci est notamment facilité par la conception orientée agent de la plate-forme et le choix de *CORBA* (Common Object Request

Broker Architecture) pour la gestion des échanges et de l'information partagée. La couche médiane comprend les agents de coopération (Fig. 12) : des agents médiateurs, proches des utilisateurs et des μ -outils, et des agents outils (exécutants) dotés des compétences indispensables à la coopération.

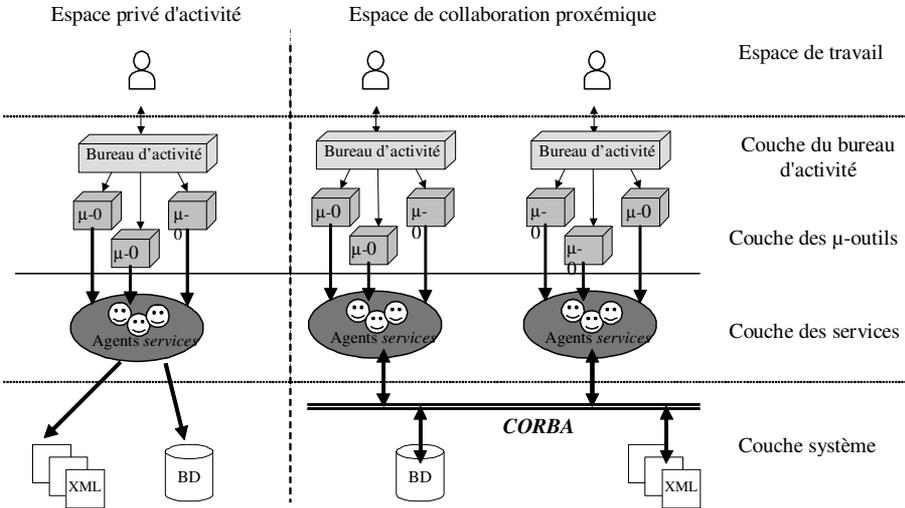


Figure 12 — Architecture agent de la plate-forme PLACID

5.3. Intégration du Médiateur

Notre premier cadre expérimental d'observation et d'évaluation du concept de système de médiation portait sur la gestion coopérative de projets d'étudiants, intégrée dans un environnement d'apprentissage. L'objectif était de montrer la pertinence de passer d'un système de multi-assistance à un système de médiation (Ospina et al., 2005). La présente application, qui concerne l'usage coopératif de μ -outils dans un atelier d'analyse fonctionnelle, nous permet de commencer à proposer un cadre méthodologique pour la conception de systèmes de médiation.

Tableau 5 — Caractérisation du contexte de coopération pour une analyse fonctionnelle technique

Contextes	Analyse Fonctionnelle
Processus institutionnels	Conception dans l'Industrie
Activité collective située	Conception collaborative
Acteurs individuels parties prenantes	Animateur, groupe de concepteurs
Interaction coopérative et collaborative médiatisée	Intervention de l'acteur Médiateur
Principes et dispositifs d'interactions (bureau)	μ -outils de l'atelier MO-AFT
Application collaborative	PLACID

5.3.1. Contexte de médiation

Le contexte architectural de l'application coopérative cible de la médiation est analysée selon le référentiel proposé dans la figure 2. Notre système de médiation y est associé aux trois couches centrales : acteurs individuels, interaction coopérative et dispositifs d'interaction. Le tableau 5 présente la caractérisation du contexte de coopération pour une analyse fonctionnelle collective.

La réalisation d'une AFT correspond bien souvent à une activité collective dans laquelle des acteurs métiers travaillent alternativement en modes individuel et collectif, pour produire un modèle unique de système ou d'objet à concevoir, résultat d'un consensus. L'analyse de l'activité fait ressortir un ensemble de besoins fonctionnels que nous traduisons comme autant de services que peut rendre l'atelier MO-AFT.

Le contexte plus détaillé de l'activité d'AFT est donné dans la figure 13. L'actigramme SADT proposé, source de la méthodologie, décompose l'activité de référence en un ensemble de tâches, dont on peut déterminer la nature coopérative. Ces tâches coopératives peuvent évidemment se traduire par des difficultés de mise en œuvre.

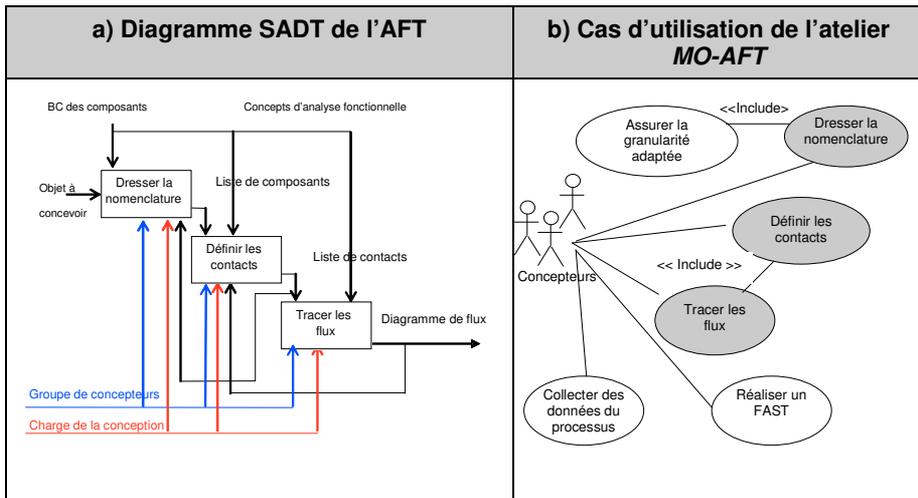


Figure 13 — Diagramme SADT des premières phases de l'AFT et cas d'utilisation pour leur instrumentation

5.3.2. Caractérisation de la coopération

Pour établir si cette activité est coopérative, et justifie le développement d'un système de médiation, nous nous appuyons sur un ensemble de questions : l'activité est-elle intrinsèquement collective ? Le travail des acteurs est-il individuel ou collectif ? La réalisation des tâches de cette activité fait-elle appel à des fonctions de communication, de coordination, de co-production ? Une fusion des objets produits est-elle nécessaire (chaque acteur produit ses propres objets et peut contribuer aux

objets des autres acteurs) ? Les résultats (final et/ou intermédiaires) sont-ils obtenus suite à des résolutions de conflits ? Etc.

Pour notre exemple d'atelier d'analyse fonctionnelle, les réponses aux questions précédentes sont bien entendu affirmatives. La décision du développement de la médiation peut être prise, soutenue par la dimension coopérative effective de cette activité (coopération multi-métier) et par la complexité du système cible. Nous avons alors identifié trois types de scénarii coopératifs :

- le premier scénario (co-production émergente), que nous avons expérimenté avec la tâche « Dresser la nomenclature » : les acteurs ont une vision partagée des données de la nomenclature (perception mutuelle (Zacklad, 2000)), partagent les ressources, communiquent intensément et négocient pour valider collectivement les différents composants de la nomenclature ;
- le deuxième scénario (co-production distribuée), que nous avons expérimenté avec la tâche « Définition des contacts » entre composants du produit analysé : les acteurs travaillent individuellement et sont donc amenés à résoudre des conflits (consensus nécessaire) ;
- le troisième scénario (co-production augmentative), que nous avons expérimenté avec la tâche « Définition de flux » : les acteurs superposent leurs points de vue sur le produit final (les flux sont une séquence de contacts pour lesquels existe un flux d'énergie), articulant ainsi leur production spécifique (Zacklad, 2002).

Dans la figure 14 nous illustrons ces trois scénarii de co-production. L'action coopérative des acteurs selon ces scénarii peut donc être successivement, de la communication, de la co-production avec risque de conflits lors de l'accès aux mêmes composants d'un objet ou de la production individuelle avec un point de vue spécifique sur l'objet, ce qui entraîne un enrichissement de l'objet co-construit.

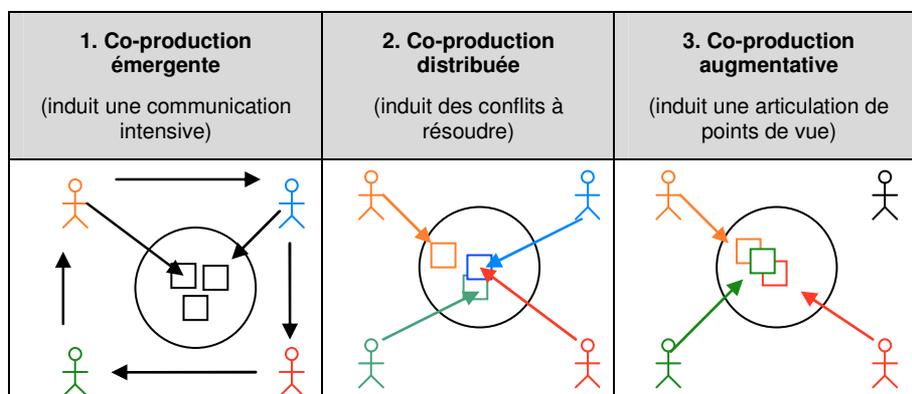


Figure 14 — Trois situations typiques de coopération dans la co-production

Le rôle du *Médiateur*, dans ces trois scénarii, varie : 1) dans le premier, la coordination des acteurs nécessite une communication intense facilitée par le

Médiateur, quant à la validation des productions elle fait suite à une négociation, elle aussi facilitée par le *Médiateur* ; 2) dans le second, le travail individuel produit des conflits observés puis relayés par le *Médiateur* ; 3) dans le dernier, la production individuelle est de loin la moins assistée par le *Médiateur*, son rôle se limitant à une simple transmission d'informations aux différents acteurs.

5.3.3. Définition du *Médiateur*

L'étape de conception comprend la définition de l'architecture du *Médiateur* (Fig. 15), la conception des agents du *Médiateur* et la conception de la base de connaissances. Les compétences du *Médiateur* lui permettent d'assurer la médiation pour l'ensemble des tâches d'AFT instrumentées par les μ -outils identifiés (cf. §5.4.2).

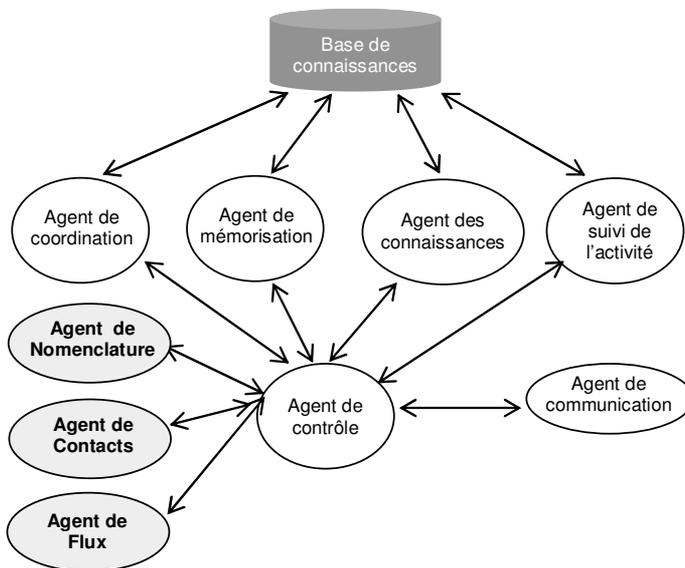


Figure 15 — Architecture agent du *Médiateur* pour l'atelier MO-AFT

5.3.4. Une illustration : la tâche « Dresser la nomenclature »

L'actigramme SADT (Fig. 13a), point de départ de notre méthodologie, décompose l'activité de référence, menée dans le cadre d'une AFT, en un ensemble de tâches dont on peut déterminer la nature coopérative. Ces tâches coopératives peuvent se traduire par des difficultés de mise en œuvre. C'est le cas, si l'on considère la tâche « Dresser la nomenclature » quand les concepteurs ont pour buts collectifs de 1) construire la liste de noms (appropriés et consensuels) et parvenir à une granularité optimale ; 2) identifier les attributs et les associer aux composants, sans coordination minimale entre les concepteurs ; et 3) valider les composants par ajustement de l'ensemble des listes de composants, sans se référer à une organisation (consensus de tous les concepteurs ou décision d'un coordinateur du groupe).

Pour la réalisation de cette tâche, les acteurs ont une vision partagée de la nomenclature, communiquent intensément et négocient pour produire une nomenclature commune et consensuelle. Le tableau suivant (Tab. 6) décrit précisément, sous forme de fiche, cette tâche coopérative.

Comme nous l'avons détaillée plus haut (§ 4.3), la conception UML du *Médiateur* fait appel à un ensemble de diagrammes pour modéliser la structure, les activités et les interactions de chaque agent. La présentation exhaustive de ces diagrammes n'offrant pas d'intérêt particulier, nous n'illustrerons cette étape de conception qu'avec les diagrammes de séquence (Fig. 16 et 17) correspondant au scénario de collaboration entre le *Médiateur* et les acteurs impliqués dans la réalisation de notre tâche de référence « Dresser la nomenclature ».

Tableau 6 — Définition de la tâche « Dresser la nomenclature »

Attributs	Descriptions
But	Dresser la nomenclature des composants du système
Objet	La nomenclature (noms, attributs, granularité, contacts et flux) définie à partir des connaissances du groupe de concepteurs
Acteurs	L'équipe projet (animateur, concepteurs)
Sous-tâches	Etudier les composants, identifier ses attributs, fixer les noms, définir la granularité, valider nomenclature
Délais/Durée	Estimation à 40% de l'AFT (uniquement si la tâche est prescrite dans un processus séquentiel)
Validation	Faite par approbation de l'ensemble des concepteurs
Entrée	Description de l'objet à concevoir et de son environnement d'utilisation
Sortie	Nomenclature complète
Outils	Les μ -outils <i>NOMEN</i> et <i>Papoticiel</i>
Contexte coopératif	Coproduction émergente
Connaissances requises	Connaissances de l'AFT
Compétences requises	Communication, co-production

Dans cette illustration nous nous intéressons aux interactions survenues lors de la réalisation de cette tâche par trois acteurs (A, B et C). Conformément au scénario typique présenté dans le tableau 7, l'action principale de cette tâche est la « proposition d'un composant de nomenclature ». L'acteur A fait la proposition p aux acteurs B et C (typiquement la proposition d'un composant). De son côté, le *Médiateur* est informé de la proposition p par l'intermédiaire de ses agents observateurs. L'acteur C accepte la proposition p, par contre l'acteur B envoie une contre-proposition p'. Le *Médiateur* ayant observé en continu cet échange informe l'ensemble des acteurs de la contre-proposition p'. Son action permet à chaque acteur d'obtenir un compte rendu des échanges de propositions, sans qu'ils aient à le réclamer ou à le diffuser par eux-mêmes.

Tableau 7 — *Tableau d'interaction du Médiateur pour la tâche « Dresser la nomenclature »*

Interaction			Médiateur	
Actions	μ-outil utilisé	Acte de coopération	Information synchrone pour le groupe d'acteurs	Trace à mémoriser (asynchrone)
Ouverture projet	<i>NOMEN</i>	Coordination	Message de coordination	<i>Projet, ouverture, acteur, date</i>
Proposition d'un composant	<i>Papoticiel</i>	Communication	Message de production diffusé à tous les acteurs	<i>Proposition, acteur, date</i>
Acceptation Contre-proposition Refus	<i>Papoticiel</i>	Co-production	Messages réponses des acteurs : <acceptation/contre-propositions/refus>	<i>Décision, {acteurs}, date, proposition, {contre-propositions}</i>
Enregistrement projet	<i>NOMEN</i>	Co-mémorisation	Message de co-mémorisation	<i>Projet, enregistrement, acteur, date, {Composants, attributs}</i>
Fermeture projet	<i>NOMEN</i>	Coordination	Message de coordination/organisation	<i>Projet, fermeture, Acteur, date</i>

Notons que pour chaque action d'un acteur nous avons recensé dans le tableau précédent l'acte de coopération majeure (connotation de l'acte). Il s'agit là bien entendu d'une simplification de présentation – les 5Co sont toujours présents de façon plus ou moins explicite.

La figure 16 illustre les interactions entre les acteurs et l'intervention du *Médiateur* intégré via le système coopératif. Ces macro-interactions (*ie.* interactions entre acteurs) sont consécutives à une proposition *p* faite par l'acteur *A*. Le tableau d'interaction (Tab. 7) met en perspective les interactions des acteurs et la médiation proposée par le *Médiateur*. Le μ-outil *Papoticiel*, évoqué dans ce tableau, est un μ-outil de communication qui permet de réaliser les discussions, ainsi que les votes nécessaires lors des séquences de prises de décision. Dans le cas présent, il est utilisé, couplé avec le μ-outil *NOMEN*, pour relayer les propositions de composants de la nomenclature. La figure suivante (Fig. 17) illustre quant à elle les micro-interactions (*ie.* interactions entre agents composant le *Médiateur*) consécutives à l'observation de la proposition de l'acteur *A* par le *Médiateur*.

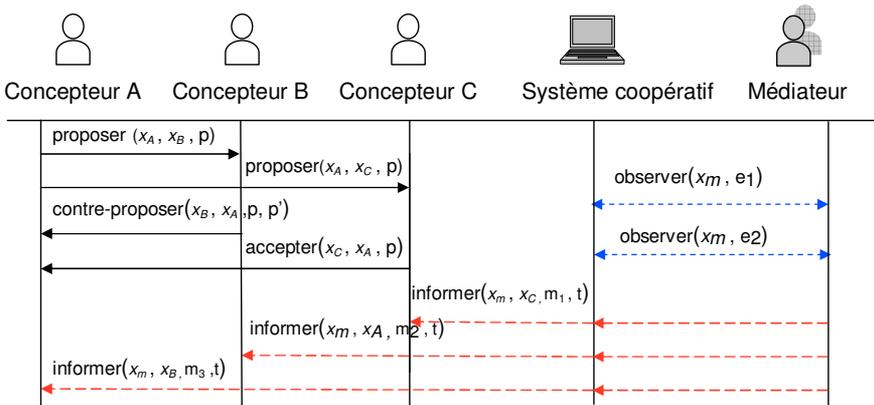


Figure 16 — Interactions entre 3 concepteurs, le Médiateur et le système coopératif

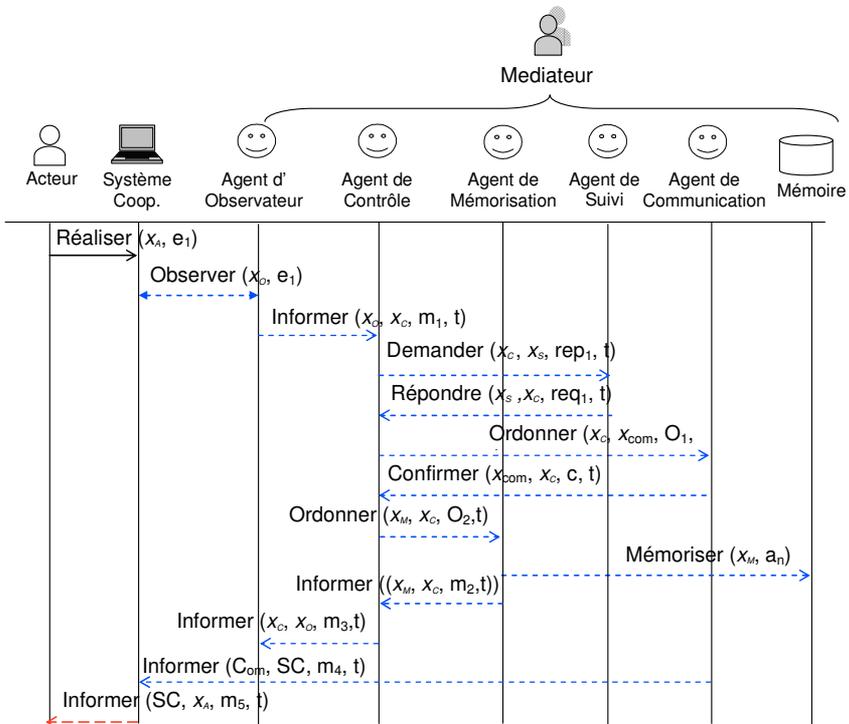


Figure 17 – Interactions entre agents du Médiateur, système coopératif et mémoire.

La base de connaissances du *Médiateur*, elle comprend les connaissances du domaine, de l'activité, les conseils répertoriés et la mémoire des activités antérieures

sous la forme de cas. La conception globale de cette base de connaissances, ainsi que son exploitation, ont déjà été exposées dans (Ospina *et al.*, 2005).

La figure 18 illustre le scénario précédent. Elle présente une vue d'écran de l'usage par le concepteur « AJF » de l'atelier d'analyse fonctionnelle pour la tâche coopérative « Dresser la nomenclature » dans le projet « Réchaud Complet ». Trois *m*-outils sont ouverts dans son bureau d'activité :

- *NOMEN* pour travailler sur la nomenclature (nom, attributs),
- *PAPOT* qui permet la communication entre les concepteurs ; dans le cas présent on constate que trois participants ont pour rôle de dresser la nomenclature ;
- *INFO* qui fournit à chaque participant des informations concernant son activité individuelle, ainsi que celles des autres participants, produites par le *Médiateur* et disponibles sur l'onglet « Med ». Les concepteurs peuvent communiquer pour définir la nomenclature. Dans le cas présent le *Médiateur* rend visible au concepteur « AJF », sous la forme d'un compte-rendu de discussion, que les concepteurs « Victoria » et « PAW » ont eu une communication restreinte aboutissant à une décision sur l'ajout du composant « Buse ». L'acteur « AJF » ayant déjà accepté cet ajout, la décision est donc consensuelle.

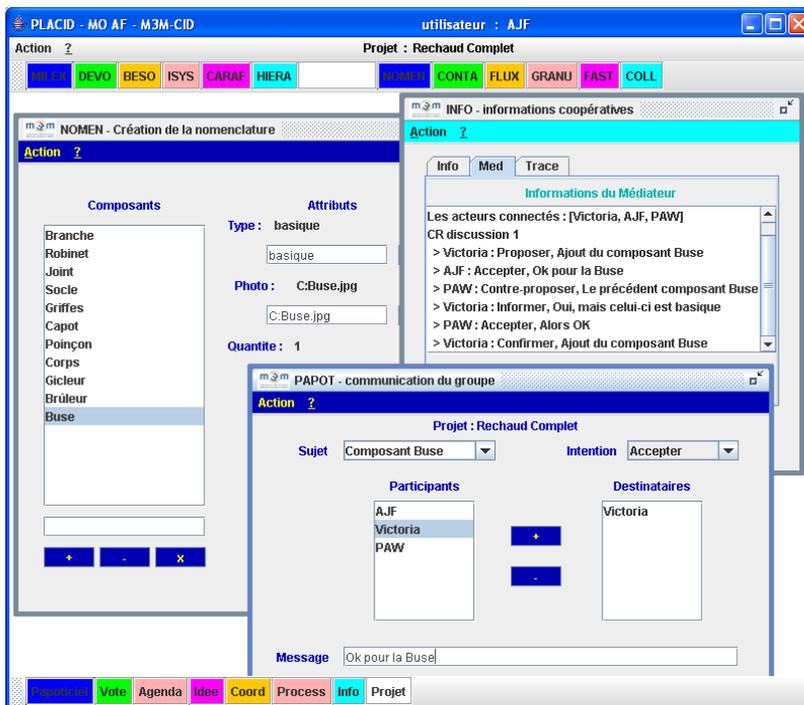


Figure 18 — Vue d'écran : scénario de collaboration pour fixer les noms

6. Conclusion

Du bilan d'une étude menée sur les techniques de travail collaboratif pour la co-conception (Fougères, 2005), utilisant le paradigme agent, est ressorti un ensemble de perspectives qui nous ont permis d'affiner la définition du concept de μ -outil. Ce concept de μ -outil nous intéresse plus particulièrement, parce qu'il est bien adapté à la conception collaborative innovante (non routinière) et distribuée, une thématique de recherche de notre laboratoire. A la suite de cette étude, nous avons réalisé un premier prototype d'une plate-forme agent pour supporter les μ -outils. Nous avons validé cette plate-forme, nommée *PLACID*, par le développement puis l'intégration d'un premier ensemble de μ -outils : le *Papoticiel* (réunion électronique artificielle). Depuis, 4 chantiers de conception de μ -outils, respectant le processus de développement *ICI*, ont été lancés. Parmi ces chantiers, l'instrumentation de l'Analyse Fonctionnelle, présentée dans cet article, qui a conduit au développement de l'atelier *MO-AFT*.

Pour assurer un meilleur partage de l'information dans un contexte de travail collectif instrumenté et pour permettre d'établir plus facilement une liaison efficace entre les acteurs et l'application coopérative, nous avons proposé le concept de système de médiation. Ce système est conçu comme un acteur de la coopération que nous appelons *Médiateur*. Nous avons alors validé l'intégration d'un tel système dans l'atelier *MO-AFT*, par l'expérimentation de trois scénarii typiques (co-production émergente, distribuée puis augmentative) suivis lors de la réalisation de trois tâches distinctes (dresser la nomenclature, définir les contacts et définir les flux) instrumentées par les trois μ -outils appropriés (*NOMEN*, *CONTA* et *FLUX*).

L'élaboration d'une méthodologie de conception de systèmes de médiation nous a conduit dans un premier temps à proposer une architecture à trois composants : le premier concerne la coopération, le second l'assistance et le troisième est relatif aux connaissances nécessaires aux deux précédents. Nous nous sommes alors concentrés sur l'adéquation du système de médiation aux caractéristiques des systèmes de coopération cibles. Ceci nous a permis d'affiner la méthodologie et de proposer trois phases pour la structurer (faisabilité, spécification et conception).

Certes notre *Médiateur* n'a pas encore les qualités d'un *Animateur* qui, outre faciliter la communication pour améliorer la coopération, arbitrerait les conflits, générerait les discussions (en vérifiant la participation de tous les acteurs ou en régulant la prise de tour de parole) et la progression du travail. Aussi, pour améliorer la pertinence du système actuel, nous explorons actuellement deux pistes :

- Evaluer et implémenter des possibilités de dialogue direct entre les acteurs et le *Médiateur*. Ce cadre expérimental nous permettrait d'étudier de nouvelles interactions possibles entre les acteurs. En effet, jusqu'à maintenant, nous ne proposons qu'une communication indirecte à travers le système coopératif. Il faudrait néanmoins s'assurer que cette communication directe ne pose pas de problème de réflexivité de la médiation.
- Approfondir l'étude des fonctionnalités spécifiques de coopération recensées dans les 5Co. Nous pensons particulièrement à la vérification de la pertinence des communications du *Médiateur* dans des situations de coopération plus variées. Dans cette perspective, affiner la typologie des médiations pourrait mettre en évidence des situations de coopération à médier fort différentes.

Enfin, une perspective prometteuse s'ouvre à notre travail par la généralisation de l'approche en considérant d'autres types d'activité, notamment dans le domaine du génie logiciel et de l'ingénierie des connaissances.

Remerciements

Nous tenons à remercier vivement le PRéCI (Pôle Régional de Conception et d'Innovation) pour son soutien à notre thème de recherche « Médiation pour faciliter l'usage et la diffusion des Micro-Outils », dans le cadre de son plan d'actions « Anticiper les besoins des PME-PMI en matière de conception et d'innovation ».

Références

- Adla A., Soubie J.-L. et Zarate P. (2007). A cooperative intelligent decision support system for boilers combustion management based on a distributed architecture. *Journal of Decision Systems*. Editions Hermès. 16(2), 241-263.
- Boullier D. (2006). Prises et emprises dans les systèmes d'aides homme-machine : pour une anthropologie de l'appropriation. *Intellectica*. 2(44), 17-44.
- Boy G. (2003). *Ingénierie cognitive: IHM et cognition*. Editions Hermès-Lavoisier. Paris.
- Caelen J., Jambon F., Vidal A. (2005). Conception participative : des "moments" à leur instrumentation. *RIHM*. 6(2), 1-29.
- Darses F., Falzon P. (1996). La conception collective : une approche de l'ergonomie cognitive, dans *Coopération et conception*, In *Coopération et conception*, G. de Terssac et E. Friedberg (Dir.). Editions Octares. Toulouse. 123-135.
- Delotte O, David B. (2004). Modélisation de tâches contextualisées pour la construction d'applications collaboratives, Actes *RJC-IHM'04*. Lacanau, France.
- Deniaud I., Micaëlli J.-P., Fougères A.-J. (2005). Déployer et définir de façon collaborative une performance en ingénierie système manufacturière : l'exemple de la réactivité. Actes du *6ème Congrès international de Génie Industriel*, Besançon, France.
- Despres C. (2001). Modélisation et Conception d'un Environnement de Suivi Pédagogique Synchronique d'Activités d'Apprentissage à distance. Thèse de Doctorat de l'Université du Maine.
- Ellis C.A., Wainer J. (1994). Conceptual model of Groupware. Proceedings of *CSCW'94*, ACM Press. Chapel Hill, N.C. 79-88.
- Ferber J. (1995). *Les systèmes multi-agents. Vers une intelligence collective*. InterEditions.
- Fodor J. (1983). *The Modularity of the Mind*. Cambridge, Mass, MIT Press.
- Fougères A.-J. (2003). Des agents communicants pour simuler et détecter des épidémies. *Revue Ingénierie des Systèmes d'Information (ISI)*. (8)1, 91-112.
- Fougères A.-J. (2004). Agents to cooperate in distributed design process. *IEEE Int. Conf. on Systems, Man and Cybernetics, (SMC'04)*, pp. 2629-2634. The Hague, Netherlands.
- Fougères A.-J. (2005). Agent-based micro-tools development for a co-operative design platform. Proceedings of *ITI 3rd International Conference on Information & Communications Technology (ICICT'05)*. Cairo, Egypt.
- Garro O. (1996). Conception distribuée – de l'industrie... à l'industrie. Actes *JFIADSMA'96*. Editions Hermès. Port Camargue, France.

Grice H. (1975). Logic and Conversation. In P. Cole & J. L. Morgan (éd.), *Syntax and Semantics*. Vol. 3: Speech Acts. New York : Academic Press. 41-58.

Hoc J.-M. (2003). Coopération humaine et systèmes coopératifs. In Guy Boy (éd.), *Ingénierie Cognitive. IHM et cognition*. Editions Hermès, Paris. 139-187.

Hoogstoel F. (1995). Une approche organisationnelle du travail coopératif assisté par ordinateur. Application au projet CO-LEARN. Thèse de Doctorat de l'USTL, Lille.

Kuutti, K. (1996). Activity Theory as a Potential Framework for Human-Computer Interaction Research. In B. A. Nardi (éd.), *Context and Consciousness. Activity Theory and Human-Computer Interaction*. MIT Press, Cambridge. 17-44.

Lonchamp J. (2003). *Le Travail Coopératif et ses technologies*. Hermès. Paris, France.

Maggi B., Lagrange V. (2002). *Le travail collectif dans l'industrie à risque. Six points de vue de chercheurs étayés et discutés*. Octares Editions. Toulouse, France.

Malone, T. W, Crowston K. (1990). What is coordination theory and how can it help design cooperative work systems?, *Proceedings of the CSCW 1990*. Los Angeles, CA. 357-370.

Micaëlli J.-P., Fougères A.-J. (2007). *L'Évaluation créative*. Presses de l'UTBM. Belfort, France.

Mille A., Caplat G., Philippon M. (2006). Faciliter les activités des utilisateurs d'environnements informatiques : quoi, quand, comment ?, *Intellectica*. 2(44), 121-143.

Millot P. (2003). Supervision et coopération homme-machine. In G. Boy (dir.), *Ingénierie cognitive*. Editions Hermès-Lavoisier. Paris. 35-70.

Ospina V.E., Fougères A.-J. (2003). Un système d'assistance dans un environnement coopératif d'apprentissage. Actes *CITE'03*. Troyes, France.

Ospina V., Fougères A.-J., Zacklad M. (2005). Modélisation de connaissances pour un système de médiation. Actes *EGC'05*. Paris, France.

Ospina V., Fougères A.-J., (2009). Agent-based Mediation System to Facilitate Cooperation in Distributed Design. *WSEAS Transactions on Computers*, 6(8): 937-948.

Paquette G., Tchounikine P. (2002). Contribution à l'ingénierie des systèmes conseillers : une approche méthodologique fondée sur l'analyse du modèle de la tâche, *Revue Sciences et Techniques Educatives*. 9(3-4), 409-435.

Peraya D., Meunier J.-P. (1999). Vers une sémiotique cognitive. *In Cognito*. 1(14), 1-16.

Perrin J., Villeval M.-C., Lecler Y. (1996). Les différents modes de coordination mobilisés pour promouvoir la coopération dans la démarche de concurrent engineering – Trois études de cas en Rhône-Alpes. In *Coopération et conception*, Editions Octares. Toulouse. 45-62.

Ramadour P., Cauvet C., Espinasse B. (2001). Cadre de référence pour l'ingénierie des S.I.P. Contrat "Poseidon", DIAM-IUSPIM - Provence Alpes Côte d'Azur, n° Diam/Poseidon-1999.

Rasmussen J. (1983). Skills, rules, and knowledge; signals, signs, and symbols, and other distinctions in human performance models. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*. Vol. 13, 257-266.

Sadek D. (1996). Le dialogue homme-machine : de l'ergonomie des interfaces à l'agent intelligent dialoguant. In *Nouvelles interfaces hommes-machine*. Lavoisier Editeur, Paris. Série ARAGO. n°18, 277-321.

Salembier P. (2002). Cadres conceptuels et méthodologiques pour l'analyse, la modélisation et l'instrumentation des activités coopératives situées. *Systèmes d'Information et Management*. 7(2), 37-56.

Schmidt K. and Bannon L. (1992). Taking CSCW seriously: Supporting Articulation Work. *Computer Supported Cooperative Work Journal*. 1(1), 7-40.

Searle J.R. (1972). *Les actes de langage*. Hermann, Paris.

Terssac G. de, Friedberg E. (1996). *Coopération et conception*. Editions Octares, Toulouse.

Van Handenhoven E., Trassaert P. (1999). Design knowledge and design skills. Proceedings of *ICED'99*. Munich, Allemagne.

Visser W. (2001). Conception individuelle et collective. Approche de l'ergonomie cognitive, Rapport de recherche de l'INRIA, n°4257.

Vygotski, L.S. (1978). *Mind and Society*. Cambridge MA: Harvard University Press.

Weité P.-A., Fougères A.-J., Gazo C. (2005). Les micro-outils, vecteur d'appropriation des nouvelles méthodologies de conception et d'innovation. Actes du *6ème Congrès international de Génie Industriel*. Besançon, France.

Wenger E. (1998). *Communities of Practice: Learning, Meaning, and Identity*. Cambridge University Press. New York.

Zacklad M. (2000). La théorie des transactions intellectuelles : une approche gestionnaire et cognitive pour le traitement du COS. *Intellectica*. 2000/1(30), 195-222.

Zacklad M. (2005). Transactions communicationnelles symboliques et communauté d'action : une approche de la création de valeur dans les processus coopératifs. In R. Teulier et P. Lorino (Dir.), *Entre connaissance et organisation : l'activité collective. L'entreprise face au défi de la connaissance*. Editions La Découverte, Paris. 285-305.

L'auteur (illustration Titre 1)



Victoria Eugenia OSPINA est docteur en informatique de l'UTT (2007). Elle a effectué ses travaux de thèse au Laboratoire M3M de L'UTBM, sur la proposition et le développement d'une méthodologie de conception de systèmes de médiation adaptés au travail coopératif. Auparavant elle était enseignante à l'École Colombienne d'Ingénierie "Julio Garavito" de Bogota. Ses domaines d'intérêt sont : les systèmes de médiation, le CSCW, les sciences des organisations et de la coopération, l'ingénierie des connaissances et l'informatique éducative.

L'auteur (illustration Titre 1)



Alain-Jérôme FOUGERES est docteur en informatique de l'UTC (1997). Il a effectué ses travaux de thèse au CNET de Lannion, sur l'aide à la formalisation de spécifications de services rédigées en langage naturel. Il s'est ensuite intéressé à la modélisation de la communication et de la coopération entre agents logiciels et humains. En 2003, il a rejoint l'équipe « Conception Innovante et Distribuée » du laboratoire M3M de l'UTBM (Belfort), où il anime le thème « Coopération et intégration en conception ». Ses récents travaux portent sur l'instrumentation des activités collaboratives, la médiation en situation de coopération et le partage de contexte dans les collecticiels.