

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/205097714>

# Agents intelligents en interaction homme-machine dans les systèmes d'information

Chapter · January 2001

CITATIONS

28

READS

961

3 authors:



[Emmanuelle Grislin-Le Strugeon](#)

Université Polytechnique Hauts-de-France

100 PUBLICATIONS 424 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



[Emmanuel Adam](#)

Université Polytechnique Hauts-de-France

91 PUBLICATIONS 924 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



[Christophe Kolski](#)

Université Polytechnique Hauts-de-France

435 PUBLICATIONS 3,275 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Project-based learning [View project](#)



Evaluation of preschool safety education action [View project](#)

## Chapitre 7<sup>1</sup>

# Agents intelligents en interaction Homme-Machine dans les Systèmes d'information

### 7.1. Introduction

Les systèmes d'information en entreprise sont souvent constitués de composants distribués, hétérogènes et autonomes. En effet, la plupart des systèmes d'information actuels regroupent ou tentent de regrouper des composants développés de façon indépendante dans les différents départements qui composent l'entreprise. L'hétérogénéité peut être rencontrée sur deux niveaux : le niveau physique, concernant les plates-formes d'implémentation et le niveau conceptuel, concernant les techniques de stockage et d'exploitation de l'information.

L'autonomie des composantes d'un système d'information est nécessaire : elle permet à ces composantes d'être réactives face aux demandes locales et donc de s'adapter dans la mesure du possible aux besoins des utilisateurs. De plus, cette autonomie reflète la structure de l'organisation humaine à laquelle s'applique le système d'information. Il convient donc de respecter cette structure tout en y apportant des facilités en ce qui concerne l'échange d'information.

---

<sup>1</sup> Ce chapitre a été rédigé par Emmanuelle GRISLIN, Emmanuel ADAM et Christophe KOLSKI.

## 2 Agents intelligents en interaction Homme-Machine dans les systèmes d'information

Concernant la nature distribuée des systèmes d'information et l'autonomie de leurs parties, il paraît intéressant d'étudier ce que le domaine de l'Intelligence Artificielle Distribuée (IAD), et plus précisément ce que celui des systèmes multi-agents (SMA), peut apporter. En effet, les SMA sont constitués d'agents, considérés en tant qu'entités autonomes, réparties dans un environnement, capables de se communiquer des informations et d'interagir avec l'environnement.

Cependant, le terme *agent*<sup>2</sup> est utilisé très largement pour décrire des réalités pourtant bien différentes. Suite à la description des principes fondamentaux des agents et des notions associées, nous présenterons leur utilisation dans le cadre des systèmes d'information : quelles sont les attentes des utilisateurs vis-à-vis d'un système d'information présentant un comportement évolué, voire intelligent, ce que les agents sont effectivement susceptibles d'apporter à ces systèmes et les principes communs appliqués à la conception de systèmes d'information à base d'agents. Une large place est ensuite laissée à la description d'applications, dont l'étude d'un cas concret de système administratif complexe.

### 7.2. Principes fondamentaux des agents

#### 7.2.1. *Agent et notions associées*

Les agents sont issus de l'intégration de recherches préalables dans différents domaines, tels que l'intelligence artificielle (les systèmes à base de connaissance, l'apprentissage, ...), le génie logiciel orienté objet, les systèmes distribués (systèmes en réseau, parallélisme), les sciences cognitives, la sociologie (principalement la sociologie des organisations) et même l'éthologie. Ils ont donc des caractéristiques empruntées à ces différents domaines. En premier lieu, un agent représente "une entité qui agit", c'est-à-dire une entité capable de modifier son environnement. Nous nous restreindrons à l'application de cette définition aux entités logicielles.

Un agent intelligent agit en fonction d'un certain nombre d'informations reçues et perçues de son environnement et en fonction des buts qu'il poursuit. Son comportement donne l'impression qu'il raisonne et que ses actions sont dirigées par ce raisonnement. Cette capacité de raisonnement se traduit par le traitement de connaissances et peut ainsi intégrer une large palette de techniques issues de l'intelligence artificielle (utilisation de logiques évoluées, de systèmes

---

<sup>2</sup> Dans ce chapitre, nous ne traiterons pas des agents utilisés pour décrire l'architecture logicielle conceptuelle des systèmes interactifs (tels les agents PAC), ceux-ci ayant été décrits en profondeur dans le chapitre de J. Coutaz et L. Nigay dans l'ouvrage complémentaire à celui-ci [COU 01].

d'apprentissage, etc.). L'agent se distingue d'un objet (au sens informatique du terme) par son autonomie. L'autonomie de l'agent est sa capacité à agir sans qu'il ait été explicitement sollicité. Au contraire d'un objet fournissant une réponse parce qu'on a fait appel à l'une de ses méthodes, un agent peut effectuer une action sans qu'on le lui ait demandé : il est capable d'un comportement mu par des buts internes.

Plusieurs agents disposés dans un même environnement interagissent puisque leurs actions modifient cet environnement commun. Cependant cette interaction peut être involontaire si les agents ignorent leur existence mutuelle ; cette interaction entre agents peut, au contraire, être recherchée explicitement. Dans tous les cas, dès lors qu'il y a interaction, les agents composent un système appelé SMA qui peut être défini comme une entité composée de plusieurs agents logiciels. Le comportement du système est la résultante des interactions entre les comportements individuels des agents. Ces interactions peuvent être dirigées vers un objectif commun, supposant des capacités de communication et de coordination entre les membres du groupe.

### ***7.2.2. Classification des agents***

Dans cette partie, les agents sont classés selon les caractéristiques généralement considérées comme principales en IAD, c'est-à-dire selon les degrés d'autonomie, de coopération et d'adaptation [ADAM 00]. Ces trois notions sont très importantes : l'agent a un but à atteindre et il doit pouvoir prendre des initiatives pour atteindre ce but. De plus, pour que l'ensemble des agents constitue un système cohérent, chaque agent doit avoir un certain degré de coopération. Enfin, l'agent doit agir en fonction de son environnement, c'est-à-dire qu'il doit s'adapter à celui-ci. Le plus haut niveau d'autonomie permet à l'agent de planifier ses actions. Le plus haut niveau de coopération accorde à l'agent des capacités de négociation. Le plus haut degré d'adaptation permet à l'agent d'adapter, d'acquérir des connaissances. Un agent possédant ces trois caractéristiques à leur plus haut niveau est appelé "agent intelligent".

Deux types d'agents ont longtemps été distingués dans les systèmes multi-agents [CHA 96] : les agents réactifs dont le comportement est basé sur les stimuli réponses et les agents cognitifs (le terme délibératif est également utilisé) dont le comportement est plus "réfléchi", c'est-à-dire qu'il résulte d'un choix parmi un ensemble d'actions possibles, ce choix étant le résultat d'un raisonnement. D'autres types d'agents, qualifiés d'hybrides, utilisant donc ces deux types de comportement, sont ensuite apparus.

Les agents réactifs 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 (voir par exemple les travaux sur les sociétés d'araignées [BOU 99]). Bien que très simples dans leur conception, un ensemble d'agents réactifs peut avoir un comportement complexe ; il s'agit de l'émergence d'un comportement [BRO 91]. Ainsi, par exemple, E. Bonabeau propose et utilise un système multi-agents reproduisant le comportement de fourmis pour trouver le chemin le plus rapide entre deux points d'un réseau dont le nombre de nœuds et de passerelles est inconnu [BON 99]).

Les agents cognitifs quant à eux, possèdent une représentation symbolique de l'environnement sur laquelle ils peuvent raisonner. Dans le cadre des systèmes d'information, nous avons distingué quatre sous-types d'agents cognitifs définis de la façon suivante :

- Les agents *intelligents* combinent les trois caractéristiques (autonomie, coopération, adaptation) à leur plus haut niveau. C'est-à-dire qu'ils planifient leurs actions, sont capables de négocier avec d'autres agents et d'acquérir ou de modifier leurs connaissances. Devant gérer des connaissances et des actions complexes, ces agents sont inévitablement moins *réactifs* face aux modifications brutales de leur environnement (citons entre autres les travaux de [TRA 99]). Il faut signaler que le terme d'agent intelligent est souvent utilisé pour caractériser des agents dotés de la capacité d'apprentissage [KUF 00].

- Les agents *collaborants* [NWA 96] : ce sont des agents cognitifs non apprenants. Ils sont donc à la fois fortement autonomes et coopérants, mais peu adaptatifs. La coopération entre de tels agents est plus élaborée que dans le cas des agents réactifs car les agents collaborants doivent être capables de négocier entre eux ou avec l'utilisateur [RIC 97] en fonction de leurs buts ou de leurs tâches. Si les agents collaborants ne possèdent pas un haut niveau d'adaptation, un système composé de tels agents peut, par contre, disposer d'une capacité d'adaptation complexe. Ce qui répond au principe sous-tendant l'IAD que le tout est supérieur à la somme des parties. Les agents collaborants sont surtout utilisés dans les domaines qui nécessitent une décentralisation comme par exemple la maintenance de réseau, ou encore pour simuler le comportement d'organisations humaines ou animales [LAN 94].

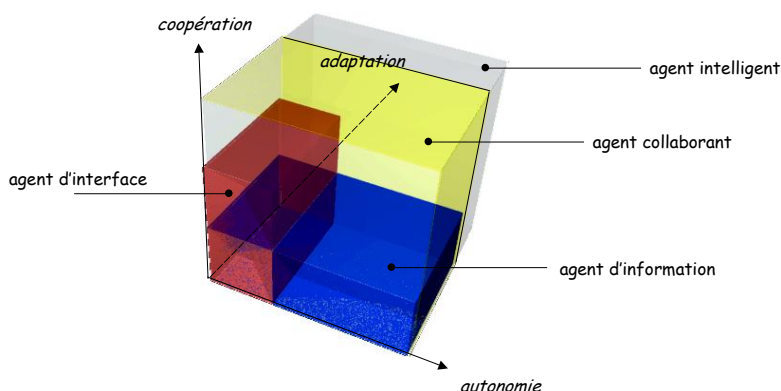
- Les agents *d'interface* [KOD 96] [LAS 94] : ce sont ceux que l'on rencontre le plus souvent lors de l'utilisation de certains logiciels de bureautique. Leur fonction consiste à capturer les actions de l'utilisateur (le plus souvent les actions sur le clavier, la souris, mais il est également possible de capturer la voix ou l'expression du visage par utilisation d'une webcam, caméra dédiée aux communications par internet), ceci afin de modifier leur représentation ou l'aspect de l'interface selon un schéma de règles préétablies [LAU 97]. 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 [ADA 95] afin de faciliter l'apprentissage et de diminuer la surcharge cognitive chez l'apprenant. Les agents assistants peuvent également être classés dans cette catégorie [LIE 97].

– Les agents *d'information* [RHO 00] [RUS 97] : ces agents qui apparaissent de plus en plus sur le marché sont dédiés à la recherche d'information, principalement sur l'internet. Il faut cependant noter que peu de logiciels de ce type méritent réellement le qualificatif d'agent ; beaucoup ne sont que des programmes se déclenchant à date fixe, sans capacité d'adaptation, ni de coopération (par exemple, les nombreux logiciels de veille qui se déclenchent à heure fixe pour rechercher des informations sur un produit ou un concurrent). Par contre, les agents d'information (tels que SAIRE [ODU 97] ou softbot [ETZ 94]) possèdent une grande autonomie ; ils agissent seuls, soit en fonction d'un calendrier, soit en fonction d'un manque d'information, soit en fonction d'une nouvelle disponibilité d'information. Ils sont capables d'adapter leur comportement selon les besoins de l'utilisateur ou de la quantité ou pertinence de l'information (par exemple, si un nouveau site propose des informations plus pertinentes que les sites déjà répertoriés, ce site sera alors privilégié pour les recherches futures). Toutefois, ces agents agissent le plus souvent de manière isolée, ce qui peut entraîner un problème de redondance d'informations : les agents ne sachant pas ce que leurs accointances ont trouvé, peuvent télécharger les mêmes informations. Il est à noter que l'on trouve également la notion d'agent mobile ; il s'agit en fait d'une caractéristique supplémentaire permettant à un agent, généralement à un agent d'information, de parcourir le réseau à la recherche d'informations [WHI 97].

La figure 7.1 résume ces différents types d'agents cognitifs ainsi que leurs degrés d'autonomie, d'adaptation et de coopération. Les agents collaborateurs sont autonomes et coopérants, leurs capacités de négociation impliquent une faculté d'adaptation, de modification de leur comportement. Les agents d'interface réagissent aux sollicitations de l'utilisateur, ils sont donc peu autonomes. Par contre, ils s'adaptent au comportement de l'utilisateur (par exemple, ils peuvent changer leur représentation). Les agents d'information peuvent agir de façon très autonome pour la recherche d'une information au travers de différents sites, mais souvent indépendamment des autres agents. Ils sont capables d'adapter leur stratégie de recherche en fonction des informations trouvées ou non trouvées (par exemple, pour modifier une requête ou chercher de nouvelles sources d'information). De fait, le choix du ou des types d'agents à utiliser dépend du système multi-agents le plus pertinent pour le problème à résoudre. Ainsi, par exemple, certains SMA n'utiliseront qu'un seul type d'agents regroupés par objectif, d'autres feront appel à plusieurs types d'agents correspondant à des rôles précis nécessaires à la résolution

d'un problème. Nous décrirons les choix effectués dans le domaine des systèmes d'information en partie 7.5.



**Figure 7.1.** Degrés d'autonomie, de coopération et d'adaptation des principaux agents cognitifs

### 7.3. Attentes de l'utilisateur et apports potentiels des agents

Le terme *agent* est de plus en plus utilisé pour décrire certaines formes d'intelligence intégrées aux fonctions ou composants des systèmes d'information, que l'on n'a pas coutume de rencontrer dans les SI usuels. Il est donc intéressant de confronter ce qu'un utilisateur peut en attendre et ce que les agents peuvent effectivement apporter à de tels systèmes.

#### 7.3.1. Services attendus par l'utilisateur d'un système d'information "intelligent"

L'intelligence attendue de la part des agents peut se décrire par un ensemble de services que ceux-ci sont supposés offrir. Nous pouvons citer par exemple :

- *la prise en charge d'actions répétitives* : l'agent devrait pouvoir prévoir et devancer les actions usuelles de l'utilisateur. Pour effectuer une comparaison avec certains systèmes de bureautique, ce type de service correspond à ce que pourrait réaliser un système qui enregistrerait en continu des macros dont l'exécution se déclencherait sur la propre initiative du système. L'attente de l'utilisateur peut se situer à un niveau plus ou moins élevé relativement aux initiatives que pourrait prendre le système : la réalisation d'un traitement que l'utilisateur a explicitement demandé, planifié, ou une prise en charge sans nécessiter cette demande explicite. Une application immédiate de la forme "programmée" est donnée par l'assistance à

la bureautique (Cf. §7.6.1.2). Si l'on passe dans la forme plus élevée de réalisation, on aboutit à un comportement similaire au service décrit dans le point suivant.

- *la compréhension du contexte* : l'agent devrait pouvoir interpréter les événements observés afin de prendre des décisions appropriées. Il s'agit du niveau immédiatement supérieur au point précédent. Non seulement l'historique des actions effectuées par l'utilisateur est utilisé mais également interprété. Le domaine principal d'application de ce principe est la personnalisation de l'information, détaillé ci-après (§7.3.2.1).

- *la délégation* : l'agent devrait pouvoir accomplir un ensemble de tâches *pour le compte* de l'utilisateur. L'agent doit se représenter l'utilisateur, ses préférences, ses besoins et surtout ses intérêts (par exemple économiques), dans le système et éventuellement en dehors de celui-ci, à savoir dans les systèmes connectés par réseau. Le domaine d'application en pleine expansion de ce type de service est actuellement le commerce électronique (Cf. §7.6.3).

- *une interactivité "naturelle"* : l'agent devrait pouvoir interagir sur un mode *naturel* avec l'utilisateur, selon différentes modalités d'interaction homme-machine, ce qui soulève les problèmes généraux de l'adaptation à l'utilisateur et/ou de répartition des tâches entre eux. La forme d'interaction attendue avec l'agent s'apparente avec l'interaction que peut avoir l'utilisateur avec un(e) secrétaire ou un collègue virtuel, avec lequel on discute et coopère [RAM 00] (voir aussi [BOY 91]).

Deux constations complémentaires s'imposent : d'une part, les agents sont loin de répondre effectivement et complètement à ces attentes, d'autre part, un système d'information à base d'agents n'intègre généralement qu'une partie de ces services *intelligents*.

### **7.3.2. Apports potentiels des agents**

Chaque service "intelligent" correspond à la mise en œuvre d'une ou plusieurs capacités des agents, principalement relatives à leur capacité d'adaptation et à leur autonomie, que le concepteur doit développer à l'aide de techniques spécifiques.

La prise en charge d'actions répétitives de manière programmée est relativement simple à mettre en œuvre et ne relève pas particulièrement de capacités liées à un comportement d'agent intelligent. La prise en charge d'actions répétitives déclenchée de manière autonome et la compréhension de contexte conduisent à enregistrer l'historique de l'activité de l'utilisateur. Cela suppose également une capacité, simple, à reconnaître dans la situation actuelle, le début d'une séquence d'actions préalablement enregistrée. Les techniques à mettre en œuvre sont donc basées sur une forme de reconnaissance de séquences d'actions. Si la compréhension du contexte est plus approfondie, elle devient vite complexe car elle implique une



certaine reconnaissance du plan et de l'objectif (de la tâche<sup>3</sup>) poursuivi par l'utilisateur. Les techniques à mettre en œuvre reposent essentiellement sur une forme d'apprentissage à partir d'une collection de scénarios préalablement joués par l'utilisateur et qui servent à construire un modèle de son activité.

Notons d'emblée que la répartition de tâches entre utilisateurs et systèmes n'a pas été résolue par l'utilisation d'agents logiciels. Le mode de répartition qualifié d'explicite [GRI 99a], dans lequel l'utilisateur confie explicitement des tâches précises au système (sorte de secrétaire virtuel relativement novice) reste prépondérant. Cette délégation de tâches implique que l'agent possède une représentation de l'utilisateur ou du moins de ses besoins et préférences. Les techniques à mettre en œuvre sont variées et plus ou moins complexes selon le degré d'autonomie qui est laissé à l'agent dans l'accomplissement de sa tâche et selon la complexité de celle-ci [BEL 98].

Par ailleurs, des agents aux capacités similaires peuvent cependant offrir des types d'interaction avec l'utilisateur qui diffèrent. Payne et al. [PAY 00] par exemple, ont expérimenté trois types de profils d'agents utilisés dans la résolution d'un problème de construction d'itinéraire. Chacun de ces trois agents est capable, seul, de fournir une solution au problème donné, bien que cette solution puisse s'avérer non optimale. Leurs profils se distinguent par la façon dont ils prennent en compte les décisions de l'utilisateur. Il est apparu que le meilleur résultat (quantifiable aisément dans le contexte expérimental) était obtenu par l'agent ayant collaboré avec l'utilisateur durant l'accomplissement de sa tâche. Une perspective offerte est la constitution de bibliothèques de modèles d'agents aux *profils interactionnels* variés, à l'usage des concepteurs de systèmes d'information.

Deux aspects prépondérants au niveau de la réalisation effective de services évolués à l'aide d'agents sont, d'une part une certaine adaptation à l'utilisateur sous la forme d'une personnalisation de l'information, et d'autre part la prise en compte de l'aspect distribué des informations.

#### 7.3.2.1. *Personnalisation de l'information*<sup>4</sup>

Les agents permettent de personnaliser l'information délivrée par le système. Un système d'information devrait, idéalement, permettre à l'utilisateur de récupérer de l'information à partir des données auxquelles a accès le système. Or, cette transformation des données en information, à savoir cette plus-value apportée aux données qui sont triées, classées, validées, est bien souvent négligeable : le système

<sup>3</sup> Pour la notion de tâche utilisateur, on se référera au chapitre 3 dans l'ouvrage complémentaire à celui-ci [SCA 01].

<sup>4</sup> Ce paragraphe est basé sur l'article [ROZ 00].

laisse à l'utilisateur la charge de retrouver l'information dans la masse de données qui lui est fournie. Dans le contexte actuel de mise à disposition de grandes masses de données, il devient important de fournir l'information nécessaire et suffisante en réponse à une requête particulière, et non plus de diffuser largement toutes les informations disponibles. Personnaliser l'information, cela signifie s'adapter aux préférences, buts et capacités de l'utilisateur :

- L'adaptation aux préférences de l'utilisateur existe de façon répandue dans les interfaces adaptables, à savoir paramétrables par l'utilisateur, grâce à un ensemble d'options et de menus de type "personnaliser" [WIL 87]. Un exemple d'une forme un peu plus automatisée d'adaptation est donné par la configuration d'un environnement graphique particulier et l'exécution de certaines applications utiles à l'utilisateur lors de sa connexion à un système en s'identifiant.

- L'adaptation aux buts consiste à prendre en considération le but que cherche à atteindre l'utilisateur et donc à se focaliser sur ses centres d'intérêts. Par exemple, lors d'une recherche par internet, le but de l'utilisateur peut être d'obtenir un rapport sous le format Postscript sur le thème "agent" ; ce qui diffère notablement du but "trouver un moyen (téléphone, fax ou e-mail) de contacter M. Dupont de la société X". Cette prise en compte du ou des buts de l'utilisateur (et par conséquent, l'adaptation à la tâche de l'utilisateur) est une des préoccupations fondamentales des concepteurs d'interfaces adaptatives [SCH 93] [KEE 00].

- L'adaptation aux capacités de l'utilisateur consiste à lui délivrer de l'information selon une forme et dans des délais acceptables (utilisables) par lui. Par exemple, cela peut consister à se restreindre à la limite de temps (attente) dont dispose l'utilisateur avant la récupération d'une information. Cela peut se concrétiser également par l'adaptation aux moyens matériels et/ou logiciels dont dispose l'utilisateur pour récupérer ou visualiser l'information fournie (ex. : taille d'écran, débit du réseau, etc.).

Les systèmes d'information à base d'agents offrent des formes de personnalisation qui correspondent principalement aux deux premiers types d'adaptation. La personnalisation de l'information conduit ainsi nécessairement à modéliser l'utilisateur du système d'information. Une approche possible consiste à réaliser ceci à l'aide d'agents logiciels intelligents. La principale application actuelle concerne la personnalisation de l'information disponible sur Internet (Cf. §7.6.2).

Enfin, de nouvelles formes d'interaction sont recherchées, en utilisant de petits personnages interactifs par exemple. Les *guides du web* (tels que les appelle Hayes-Roth [HAY 99]), sont des représentations animées anthropomorphes chargées d'assister les utilisateurs dans leurs recherches sur le web. Ces guides personnels instaurent une véritable conversation, en langage naturel, avec l'utilisateur pour cerner ses besoins. L'objectif est de rendre l'interaction plus aisée, naturelle et attractive, pour le plus grand nombre.

### 7.3.2.2. Adéquation aux systèmes en réseau

En tant qu'entités autonomes, les agents sont bien adaptés à la structuration et l'exploitation de systèmes physiquement distribués. Les systèmes d'information en réseau composent un environnement spécifique, ouvert et dynamique (en modification constante), pouvant comporter de multiples sources de données (éventuellement hétérogènes) et de multiples utilisateurs (de niveaux d'expérience et de connaissance différents).

Le réseau supporte l'échange de données entre différents sites. Le paradigme de *réseau coopératif* a d'ailleurs été proposé par [SCH 97] pour décrire la structure des processus impliquant des acteurs qui effectuent des actions sur de l'information (création, traitement, modification par exemple) en coopération avec d'autres acteurs. La coopération entre acteurs ou agents d'un réseau résulte de leur capacité à collaborer, co-décider et coordonner leurs activités [MIC 94]. Mais la co-décision, mettant en jeu les mécanismes de négociation, peut être considérée comme une activité coopérative particulière qu'il est possible de décrire par des activités de communication, de coordination et de collaboration<sup>5</sup>. La coopération peut donc être définie de la façon suivante en s'inspirant de [SCH 97] : la coopération est une aptitude à la communication, la coordination et la collaboration d'un ensemble d'acteurs pour la réalisation d'un objectif commun.

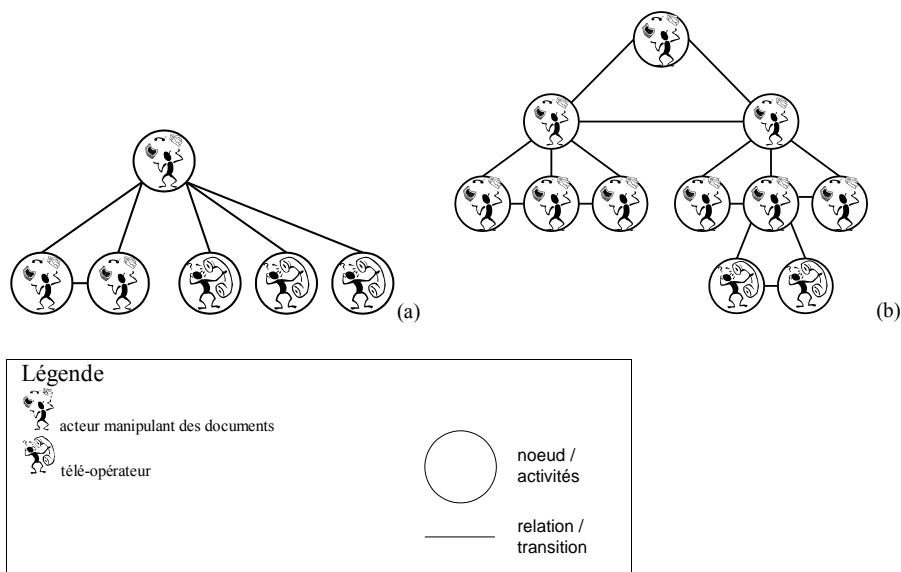
Un réseau coopératif est constitué de nœuds reliés par des arcs (Cf. fig 7.2). Les nœuds correspondent aux lieux de transit où les informations sont traitées. Ils peuvent donc être composés d'un ou plusieurs acteurs humains (par exemple, un(e) secrétaire ou un bureau administratif), ainsi que d'acteurs logiciels ou matériels (par exemple, serveurs distribuant l'information). Ces nœuds peuvent également être considérés comme des activités [WFM 99], faisant appel aux ressources humaines et/ou matérielles (les acteurs). Les arcs représentent les échanges de données entre les nœuds ; ils sont également appelés relations entre nœuds [SCH 97] ou transitions entre activités [WFM 99]. Ces échanges peuvent se faire soit de façon synchrone (par exemple : un téléphone ou une vidéo conférence pour la synchronisation temporelle, une réunion pour la synchronisation spatio-temporelle), soit de façon asynchrone (par exemple : un tableau d'affichage pour une communication synchronisée uniquement dans l'espace, la messagerie électronique pour une communication qui n'est synchrone ni dans le temps, ni dans l'espace). Tous ces échanges de données se font dans le cadre d'un objectif fixé, qui peut être

---

<sup>5</sup> Dans la négociation, une solution est proposée par un acteur ; les autres acteurs approuvent cette solution ou proposent des modifications. Les modifications peuvent être refusées ou prises en compte pour la proposition de nouvelles solutions. Et ainsi de suite jusqu'à l'obtention d'une solution partagée par tous.

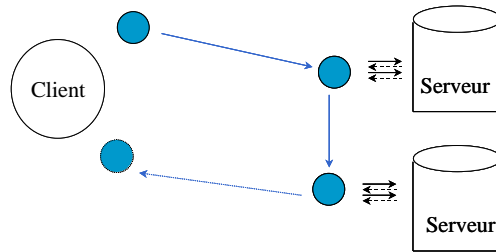
soit la réalisation d'une tâche simple, soit la mise en œuvre d'une procédure c'est-à-dire d'un ensemble de tâches interdépendantes.

De par leurs capacités d'autonomie, de coopération et d'adaptation à leurs environnements, les SMA semblent donc particulièrement adaptés aux systèmes d'information distribués. En effet, les agents peuvent être distribués et localisés sur les nœuds permettant alors l'assistance aux acteurs des réseaux coopératifs ou le traitement de certaines activités par exemple.



**Figure 7.2.** Exemples de réseaux coopératifs : (a) à faible degré de structuration ; (b) à fort degré de structuration

Par ailleurs, la technologie des agents mobiles permet la délégation de tâches à effectuer en des points distants situés sur le réseau. Un agent mobile est un programme identifiable qui peut se déplacer à travers le réseau vers différents environnements d'exécution. Il peut ainsi migrer d'un système vers un autre pour exécuter des tâches spécifiées par l'utilisateur (fig 7.3). L'utilisateur (sur le site *client*) envoie son agent exécuter une tâche sur un ou plusieurs sites *serveur*. Lorsque sa tâche est accomplie, l'agent revient vers l'utilisateur rendre compte de son activité.



**Figure 7.3.** *Migration d'un agent mobile*

La combinaison de différentes capacités de mobilité et de coordination permet d'envisager la délégation aux agents de tâches nécessitant des capacités de prises de décision et de négociation avancées, basées sur des protocoles conversationnels complexes (Cf. par exemple [BEL 95] et [AAM 99]). L'utilisation d'agents peut donc permettre de mettre en œuvre des comportements plus ou moins adaptatifs et autonomes du système d'information, sans toutefois répondre à toutes les attentes d'un utilisateur vis-à-vis d'un système présenté comme étant *intelligent*.

#### 7.4. Conception de systèmes interactifs et agents

Concernant la conception, les agents servent, à la fois ou de manière indépendante, de modèles (abstraits) pour les composants du futur système ou de composants (concrets) du système réalisé.

##### 7.4.1. Conception orientée objet vs. conception orientée agent

Au niveau de la conception des systèmes, le concept d'agent fournit un modèle de composant autonome, que l'on pourrait qualifier d'objet étendu. La conception *orientée objet* offre une approche naturelle du système, basée sur les relations entre ses composants, qui sont décrits comme autant de "boîtes noires" capables de répondre à des demandes de services. La conception *orientée agent* consiste à considérer ces boîtes noires comme étant capables, non seulement de réagir aux stimuli de leur environnement, mais également d'agir en fonction de buts internes. Les agents correspondent dans ce cas à des modules indépendants et autonomes du système.

Un exemple de conception orientée agent est donné par les agents utilisés en tant que composants de dialogue évolués dans l'architecture des interfaces homme-machine intelligentes. Le terme *interface intelligente* est ainsi utilisé pour désigner soit des interfaces utilisateur pour des systèmes intelligents, soit des interfaces

utilisateur qui utilisent des approches à base de connaissances (IA) [ROT 97]. Les agents comportent des applications dans ces deux catégories. Dans la première, l'objet d'étude est l'interaction entre utilisateurs et systèmes à base d'agent(s) ; dans la seconde catégorie, l'étude porte sur la conception d'interfaces basées sur un ou plusieurs agents. Dans cette dernière approche, un agent (ou plusieurs) peut par exemple occuper la fonction de composant de dialogue de l'interface, ou être intégré(s) à celui-ci [KOL 98].

Or, les agents traités ici sont destinés à ajouter un supplément d'intelligence au système d'information. Leur fonction, leur composition interne et leur niveau d'abstraction les distinguent des agents *interacteurs* utilisés en tant que modèles structurant de l'architecture d'un système interactif, tels que les agents PAC définis par J. Coutaz et L. Nigay [COU 01].

#### **7.4.2. La conception de systèmes à base d'agents**

Cependant, de même qu'une conception orientée-objet n'aboutit pas obligatoirement à une implémentation orientée objet, une conception orientée agent ne conduit pas systématiquement à la création d'un système composé d'agents. L'expérience montre que, en dessous d'un certain niveau d'abstraction, la modélisation agent en tant que telle n'est pas toujours nécessaire et aboutit généralement à une implémentation objet.

En effet, si la logique de la démarche basée agents est poursuivie jusqu'à son terme, c'est-à-dire jusqu'au codage d'agents intelligents, la problématique liée à l'autonomie des composants apparaît pleinement. Un système formé d'entités réellement autonomes est fondamentalement non déterministe. Comment prévoir dans les détails le comportement d'un système en perpétuelle évolution ? Sans entrer dans le débat concernant le facteur de risque que cela implique, il faut sans doute s'interroger sur la représentation que l'utilisateur peut se faire d'un système dont le comportement est fondamentalement évolutif. Les réseaux neuronaux sont difficilement acceptés par le grand public en raison de la difficulté à se former une représentation de leur fonctionnement. De même, un système multi-agents peut rebuter en raison de la difficulté à comprendre ses réactions de manière globale. En reprenant la terminologie utilisée dans [COU 01], il apparaît que les systèmes à base d'agents pèchent par un manque d'observabilité et de prévisibilité.

Dans le cas de la délégation de tâches, la notion de confiance<sup>6</sup> dans le système est également à prendre en considération [CAS 98] et mériterait une étude spécifique au

---

<sup>6</sup> Cette notion a été étudiée dans d'autres contextes que les SMA (voir par exemple [LEE 94]).

cas de l'interaction d'un utilisateur (ou groupe d'utilisateurs) avec un système à base d'agents intelligents.

L'équilibre entre capacité d'adaptation et réponse aux besoins de l'utilisateur est donc à trouver. Nous décrirons dans la septième partie un exemple de conception orientée agent ayant effectivement abouti à une architecture basée sur les SMA.

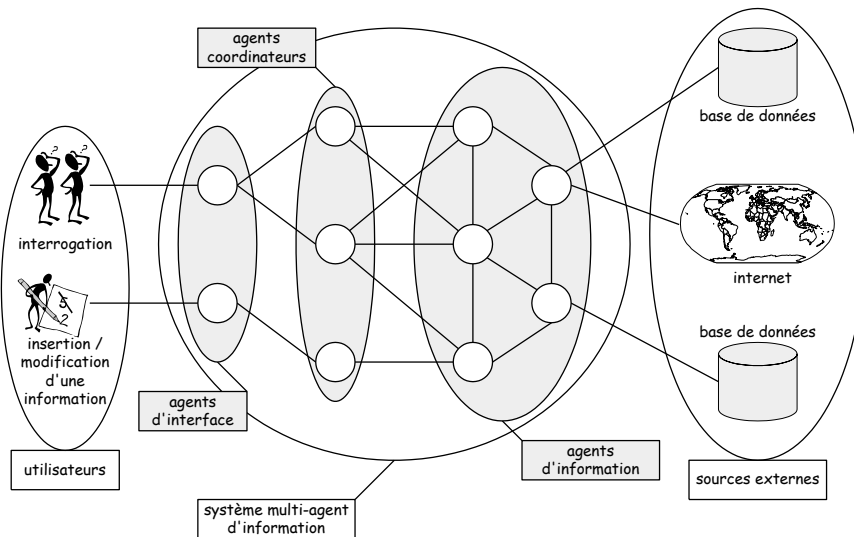
## **7.5. Architecture et modèles communs aux SI à base d'agents**

### **7.5.1. Architecture générale**

Un SMA d'information se compose d'agents d'information qui recherchent, sur base de requêtes qui leur sont transmises (directement ou indirectement par l'intermédiaire d'une base de données) des informations à partir de bases de données (locales ou distribuées) ou à partir de sites internet. Il est souvent nécessaire de coordonner les activités de ces agents par le biais d'agents responsables (appelés agents coordinateurs sur la figure 7.4). Ces agents possèdent des connaissances sur les agents d'informations (tel que leurs adresses, leurs domaines de recherche par exemple) auxquels ils transmettent des requêtes soit de façon ciblée (s'il possèdent des connaissances sur la compétence des agents d'information), soit de façon générale (par la technique de broadcast, c'est-à-dire par une diffusion à tous les membres du groupe). Les agents responsables doivent ensuite récolter ces informations, pour éventuellement les vérifier, les comparer ou les filtrer.

La plupart des SMA d'information sont en relation directe avec l'utilisateur, en amont (pour intégrer de nouvelles requêtes), et/ou en aval (lors de la présentation des résultats de la recherche). Le principe qui préconise la séparation des parties interface et traitement se vérifie également dans la conception des systèmes à base d'agents. Afin de posséder une IHM réactive, distribuée au niveau des différents utilisateurs, certains SMA d'information proposent l'utilisation d'agents jouant le rôle d'interfaces entre les utilisateurs et le système.

La terminologie n'est pas encore fixée en ce qui concerne les SMA d'information ; ainsi les agents responsables sont appelés agents d'interface dans [GOL 99], AdM (Agent de Médiation) dans [CAM 97] ou encore agent tâche dans [SYC 97]. De même, les agents d'information sont appelés agents planificateurs dans [GOL 97] ou AdT (Agents de Transitions) dans [CAM 97]. Cependant, nous retrouvons globalement le type de fonctionnement suivant pour tous types de SMA d'information (fig.7.4).



**Figure 7.4.** Architecture générale d'un SMA d'information

La figure 7.4 présente un exemple d'architecture de SMA d'information. Des acteurs peuvent interroger le système sur la présence ou le contenu d'une information au travers d'agents d'interface. Ces agents peuvent répartir la demande sur différents agents coordonnateurs, chargés de coordonner leurs activités. Certains agents d'information peuvent effectuer leurs recherches sur l'internet, dans des bases de données, ou encore auprès d'autres agents d'information (dans la mesure où les agents d'information possèdent des connaissances sur les données).

Au niveau de l'architecture interne de chacun des agents composant le système, les modèles de l'utilisateur, de la tâche et des autres agents sont des objectifs récurrents mais dont la réalisation présente quelques écueils.

### 7.5.2. Modélisation de l'utilisateur

La modélisation de l'utilisateur par un agent comporte différents aspects successivement abordés : (1) la nature des informations que le modèle comporte, (2) les méthodes et techniques utilisées par la modélisation et (3) l'exploitation du modèle par l'environnement de l'agent.



#### 7.5.2.1. *Nature des connaissances utilisées*

L'utilisateur peut être vu soit en tant qu'individu, soit en tant que participant à l'interaction avec le système. Deux points de vue principaux liés aux connaissances sont donc susceptibles d'être considérés :

- *le modèle de l'utilisateur en tant que personne ou individu*. Les critères utilisés sont indépendants de l'interaction avec le système : âge, formation, handicaps éventuels, langue pratiquée, centres d'intérêts...

- *le modèle de l'utilisateur en tant qu'usager du système* : son expertise par rapport au système, ses préférences (par rapport au système), l'objectif qu'il poursuit (sa ou ses tâches), sa façon d'utiliser le système, les fonctions qu'il utilise fréquemment ou pas du tout, etc.

La modélisation de l'utilisateur en tant que personne est un élément commun fondamental dans le domaine de la personnalisation de l'information. Le modèle de l'utilisateur est généralement basé sur un ensemble de mots clés qui caractérisent ses centres d'intérêts. Ces mots-clés sont soit simplement listés (reliés éventuellement par des opérateurs booléens), soit organisés plus finement, à l'aide de réseaux sémantiques par exemple [ODU 97]. La personnalisation concernant les domaines d'intérêt peut être évidemment enrichie par différentes autres caractéristiques de l'utilisateur. Par exemple, il est possible d'ajouter au modèle les connaissances ou besoins de l'utilisateur concernant certains de ces domaines.

De façon à ne pas multiplier les modèles et à anticiper les caractéristiques d'un nouvel utilisateur encore peu connu du système, il est possible de classer les utilisateurs en catégories, qui définissent un ensemble de profils caractéristiques. Les caractéristiques prises en compte orientent évidemment la classification. Par exemple, le système SAIRE [ODU 97] d'accès à une base de données documentaires, distingue trois stéréotypes selon le niveau de connaissances scientifiques de l'utilisateur (science, général et non science). Le système ConCall [WAE 98] classe les utilisateurs selon leur profil *métier* (chercheur, éditeur...) et cible ainsi leurs besoins spécifiques.

Pour conclure sur ce point, il apparaît donc que la plupart des modèles existants intègrent une connaissance relativement pauvre de l'utilisateur au regard des connaissances utilisées par certains systèmes d'assistance (en particulier appliqués à d'autres domaines) et qui intègrent des éléments tels que les croyances de l'utilisateur sur le système (comme dans RESCUER [VIR 99] ou BGP-MS [POH 97]), ou une représentation de sa tâche. Des progrès restent donc à réaliser à ce sujet.

#### 7.5.2.2. La méthode et les techniques de modélisation

Cet aspect concerne les moyens et techniques mis en œuvre pour créer un modèle de l'utilisateur au sein de SMA, le mettre à jour, le stocker, ou encore le partager avec d'autres applications. Deux perspectives se dégagent :

- *la capacité d'apprentissage du système*, qui résulte du moyen utilisé pour intégrer de nouvelles caractéristiques au modèle. Nous distinguons les méthodes manuelles, automatiques et semi-automatiques. Dans [BRA 90], on utilise la distinction explicite/implicite pour caractériser le développement du modèle. L'approche manuelle ou explicite consiste à obtenir l'information directement de l'utilisateur ; l'approche automatique ou implicite repose sur l'observation du comportement de l'utilisateur afin d'en déduire des connaissances à son propos. Il est bien sûr possible de combiner ces deux approches, ce que nous qualifions d'approche semi-automatique (Cf. 7.6.2). Les techniques d'acquisition de nouvelles connaissances sur l'utilisateur vont ainsi du simple questionnaire aux techniques d'apprentissage sur la base des actions observées.

- *la flexibilité et la richesse du modèle* : dans quelle mesure de nouvelles caractéristiques peuvent être ajoutées au modèle et quelle peut être la nature de ces caractéristiques ? Les évolutions considérées dans les modèles sont généralement de type *incrémental* (ajout de nouvelles données) et non totalement révisables, ce qui pourrait être envisagé si l'utilisateur avait accès à son propre modèle (Cf. 7.5.2.2). A notre connaissance, aucun système n'offre encore à l'utilisateur la possibilité de modifier en détail et explicitement son propre modèle (mis à part ceux qui se contenteraient d'être basés essentiellement sur un questionnaire modifiable en permanence, aussi bien par le système lui-même que par l'utilisateur).

#### 7.5.2.3. Interface avec l'environnement

L'agent peut partager le modèle constitué, avec l'utilisateur lui-même ou avec d'autres agents. Le partage de la représentation faite par l'agent avec l'utilisateur consiste en un retour d'information vers l'utilisateur par rapport à son propre modèle : y a-t-il accès, peut-il le visualiser, le modifier ? La représentation de l'utilisateur dans le système peut ainsi être masquée ou non, accessible ou non par celui-ci. Le partage du modèle avec d'autres agents permet d'obtenir une flexibilité quant aux liens agents-humains. Il permet, d'une part l'acquisition de connaissances grâce aux échanges entre agents, et d'autre part d'éviter de devoir toujours associer le même agent au même utilisateur. En effet, le partage de connaissances trouve son intérêt dans une optique d'enrichissement mutuel des connaissances des agents au sein d'un SMA. Le *Personal Agent Framework* [SOL 98], par exemple, supporte le partage d'informations et la collaboration entre plusieurs agents assistants personnels dans un contexte de recherche de documents. Par ailleurs, le partage d'informations entre agents forme potentiellement un support qui devrait permettre d'uniformiser l'interaction d'un utilisateur avec différents systèmes.

Ces points ont encore été peu étudiés jusqu'ici et peuvent donc être considérés comme autant de domaines d'étude visant l'amélioration de l'interaction entre utilisateurs et systèmes à base d'agents.

### 7.5.3. *Modélisation de la tâche*

En 7.5.2.1 était évoquée la modélisation de l'utilisateur en tant qu'usager du système. En particulier, il est souvent intéressant de considérer explicitement la tâche que l'utilisateur tente d'accomplir en utilisant le système. Les systèmes de reconnaissance de plan semblent *a priori* constituer une base appropriée dans cet objectif. Le système BGP-MS (dédié à l'assistance à l'utilisation de logiciels interactifs) [POH 97], par exemple, intègre une modélisation de l'utilisateur, permettant de prendre en compte ses buts, croyances et connaissances dans un objectif d'assistance. Il fonctionne selon différents types d'inférence (il comprend un moteur d'ordre 1) à partir d'hypothèses basées sur un questionnaire initial, les actions observées et des connaissances sur un ensemble de sous-groupes prédéfinis (des stéréotypes d'utilisateurs).

Cependant, les éléments déduits restent confinés à une application et un ensemble de tâches limitées. En effet, il apparaît extrêmement difficile d'inférer le but de l'utilisateur à partir du simple séquençage de ses actions. Une alternative afin de réaliser, dans la pratique, une certaine reconnaissance de plan a été proposée dans [LES 98]. La méthode comporte une possibilité pour l'agent de demander directement à l'utilisateur de lever les ambiguïtés restant dans l'interprétation de ses actions. La question centrale qui est traitée n'est cependant pas tant la connaissance du plan de l'utilisateur par l'agent, mais plutôt la façon dont l'agent et l'utilisateur arrivent à se communiquer mutuellement leurs intentions.

### 7.5.4. *Modélisation des autres agents*

La modélisation d'un agent par un autre est utilisée en tant que support à la coordination d'agents coopérants (tels que ceux présentés au §7.3.2.2). Dans [DEC 96], les modèles des autres agents sont répartis en trois classes : les modèles de leurs plans et actions prévues, les modèles de leurs objectifs (désirs, buts), et les modèles de leurs aptitudes. La création de ces modèles repose sur la connaissance qu'ils se construisent les uns à propos des autres. Cette connaissance est basée sur les messages qu'ils échangent entre eux. Ils s'informent ainsi réciproquement de leurs objectifs, intentions et/ou plans. Bien que ce domaine soit abondamment étudié en SMA, en particulier concernant les agents BDI (Belief-Desire-Intention) [SHO 93], il existe encore cependant peu de systèmes d'information utilisant des agents réellement coopérants capables de modélisations de ce type. En effet, les protocoles

de communication et les raisonnements nécessaires sont complexes à mettre en place. Il existe des alternatives intéressantes, telles que la solution proposée dans le système ACORN [MAR 97] par exemple ; l'échange d'information y est réalisé par l'intermédiaire d'agents spécialisés dans le recoupement d'informations. Ce système utilise un point de rencontre virtuel (le "Café") permettant aux agents de partager les informations dont ils disposent concernant des documents disponibles sur le web.

## **7.6. Domaines d'application**

Les domaines d'application principaux actuels proviennent naturellement des *services* qui ont pu effectivement être réalisés à l'aide des agents, à savoir : l'assistance à l'interaction avec un logiciel, la recherche d'informations sur le web et le commerce électronique.

### **7.6.1. Assistance à l'interaction avec un logiciel**

Les agents peuvent fournir une aide à l'utilisateur en effectuant des actions en tant qu'intermédiaires entre celui-ci et certains logiciels. Ils s'exécutent en tâche de fond. Ces agents peuvent se situer à divers niveaux d'abstraction des données manipulées. Certains d'entre eux agissent au niveau de l'interaction entre un utilisateur et un système d'exploitation (agent système), d'autres, au niveau d'une application logicielle (agent d'application), ou depuis peu à l'intérieur d'un ensemble d'applications de bureautique (agent de suite logicielle).

#### **7.6.1.1. Agent système**

Un agent système réalise des actions sur le système d'exploitation à la place de l'utilisateur. Il prend en charge des actions répétitives et programmées, qui se déclenchent selon une fréquence particulière ou selon certaines conditions relatives à l'état du système. Par exemple, le *System Agent* proposé par Microsoft est un agent qui exécute en tâche de fond sous certaines conditions, un certain nombre de tâches telles que la défragmentation du disque, la génération d'alerte pour l'utilisateur lorsque l'espace disque est inférieur à une certaine taille, etc. Ce dernier permet de lancer des utilitaires système fondés sur des événements temporels, et ainsi d'aider un utilisateur ne connaissant pas les outils de gestion d'un système d'exploitation. En revanche, il semble que cette méconnaissance de l'outil informatique puisse induire des comportements utilisateurs erronés. Par exemple, ne connaissant pas la signification d'une défragmentation du disque dur, un utilisateur peut requérir cette tâche de manière excessive. Il sera important à l'avenir que les utilisateurs soient capables d'apprendre au contact de tels agents (intégration à ceux-ci de capacités pédagogiques).

### 7.6.1.2. Agent d'application ou de suite bureautique

Des agents peuvent jouer un rôle d'intermédiaire entre l'utilisateur et le logiciel (l'application), qui peut dans certains cas prendre la forme d'une suite logicielle. Par exemple, les agents d'assistance de Microsoft, les SmartAssistant de Lotus, ou Expert de MacOS offrent des comportements d'aide. Un assistant réunit des informations concernant une tâche spécifique, et propose une méthode pour résoudre le problème détecté par l'utilisateur, via une interface de dialogue. En général, les tâches demandées étant compliquées, l'assistant propose différentes étapes permettant d'atteindre l'objectif souhaité. Par ex., la construction de graphique sous un tableur peut correspondre à une tâche prédéfinie pour ces assistants. Un autre exemple de petit utilitaire est le compagnon Office, caractérisé par un personnage animé, agissant sous certaines conditions prédéfinies par l'utilisateur. En particulier, il peut donner des conseils d'utilisation du logiciel en fonction de ses observations. Un dernier exemple est l'application permettant de gérer le courrier électronique, qui autorise un filtrage des messages de manière automatique, suivant certains critères.

Comme pour les agents définis précédemment, les agents de suite logicielle personnalisent leurs conseils en fonction des préférences de l'utilisateur. Les tâches requises consistent en chaînages entre plusieurs applications de bureautique. Des agents peuvent gérer maintenant plusieurs applications (un courrier électronique, un calendrier, des outils de traitement de texte, de dessin, tableur, ...) et transmettre si nécessaire des informations de l'une dans l'autre. Ces outils sont dits *intégrés*. La figure 7.5 représente un exemple d'architecture multi-agents dans le domaine de la bureautique. Les agents, généralement indépendants (non coopérants) et peu autonomes, ne forment donc pas un SMA. Ils jouent le rôle d'interface entre une ou plusieurs applications en ce qui concerne des tâches complexes (les flux de données sont symbolisés par des traits pleins). L'utilisateur peut bien sûr continuer à interagir directement avec les applications (ce qui est représenté par les traits pointillés).

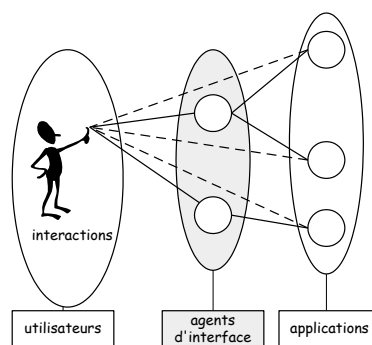


Figure 7.5. Exemple d'utilisation d'agents d'application ou de suite bureautique

### 7.6.2. Recherche d'information sur le web

L'application la plus courante de la personnalisation de l'information est la recherche d'informations sur internet. De nombreuses avancées sont en cours, de façon à offrir des services supérieurs aux simples moteurs de recherche classiques [DEL 00]. L'apport des agents intelligents contribue largement à certaines de ces avancées. A ce sujet, une première classification des systèmes de recherche d'informations à base d'agents intelligents est donnée dans [ROZ 00]. Elle est ordonnée selon le degré de personnalisation de l'information fournie à l'utilisateur. Deux catégories apparaissent aussi selon que la personnalisation est réalisée de manière passive ou active (cf. fig. 7.6).

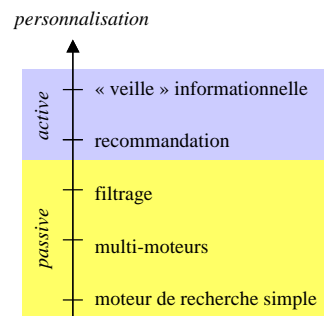
Dans la personnalisation passive, le système répond à une demande explicite de l'utilisateur. Cette catégorie comprend les simples agents moteurs de recherche, qui fournissent une information suite à une demande de l'utilisateur exprimée sous forme de mots-clés. Généralement, ces systèmes contiennent une arborescence de catégories qui facilite leurs recherches (exemples : Voila, Lokace, Altavista<sup>7</sup>...). Au niveau immédiatement supérieur, se classent les systèmes capables de lancer une recherche sur plusieurs moteurs en même temps (exemples : Bulls Eye, Copernic, WebferretPro, Lexi Bot<sup>8</sup> ... ). Ensuite, on trouve les agents *filtres* capables de fournir une information en fonction d'une liste de préférences établie au préalable. C'est le cas de Cognisofit qui diffuse des informations aux utilisateurs en fonction de leurs besoins et préférences, ou encore d'Autonomy Knowledge Server capable de comprendre les centres d'intérêts des utilisateurs ; il peut en effet créer des agents capables de rechercher des informations pertinentes suivant les intérêts personnels de leur utilisateur. A partir de ce niveau, une certaine modélisation de l'utilisateur est perceptible.

Dans la personnalisation active, le système prend l'initiative, il recommande de nouvelles sources d'information susceptibles d'intéresser l'utilisateur. Les recommandations se basent sur un modèle de l'utilisateur et sur une classification des informations accédées (exemples : systèmes Letizia [LIE 97], Ringo [SHA 95], Sage [AKO 98]). Ces systèmes sont ainsi capables de proposer des informations qui ne répondent pas exactement aux mots clés entrés par l'utilisateur ou qui interviennent sans demande explicite de l'utilisateur (technique "push"). Le système Letizia [LIE 97], par exemple, est un assistant personnel pour le parcours du Web. Il

<sup>7</sup> Ces moteurs se trouvent respectivement aux adresses suivantes : [www.voilà.com](http://www.voilà.com), [www.lokace.com](http://www.lokace.com) et [www.altavista.com](http://www.altavista.com).

<sup>8</sup> A la date de ce chapitre, ces produits sont détaillés respectivement aux adresses suivantes : [www.intellisearch.com](http://www.intellisearch.com) (bull eyes), [www.copernic.com](http://www.copernic.com), [www.zdnet.com/ferret](http://www.zdnet.com/ferret), [www.lexibot.com](http://www.lexibot.com)

enregistre les URLs choisies par l'utilisateur, lit les pages et dessine un profil de l'utilisateur au fur et à mesure que celui-ci visite des pages. Sur cette base, il recherche d'autres pages susceptibles d'intéresser l'utilisateur et présente ses résultats sur une fenêtre indépendante. Un objectif est que cette recherche d'informations se fasse, en outre, sous forme de *veille*, c'est-à-dire que l'utilisateur délègue totalement la tâche de recherche au système. Les agents de ce type commencent à apparaître (voir par exemple le logiciel *ecatch*<sup>9</sup>).



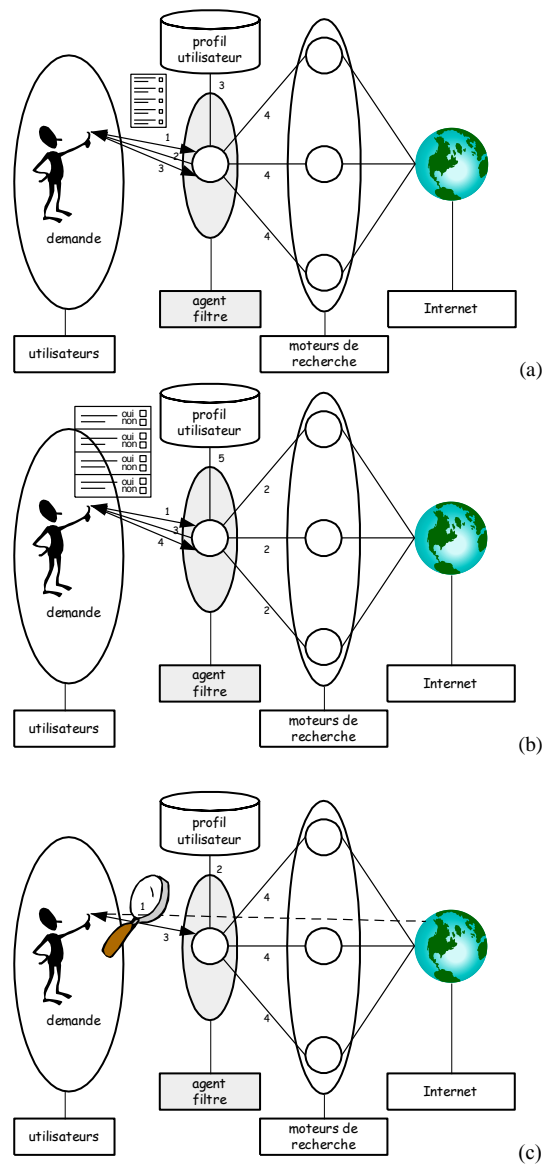
**Figure 7.6.** Niveaux de personnalisation de l'extraction d'information

La capacité à acquérir de nouvelles caractéristiques de l'utilisateur est également un aspect qui permet de distinguer les différents systèmes. L'acquisition de nouvelles connaissances par le système peut se faire selon les différentes méthodes évoquées précédemment :

- manuellement : en laissant le soin à l'utilisateur de juger de ce qui l'intéresse ou non. Le système propose par exemple une liste de thèmes ou de sites web à l'utilisateur qui valide ceux qui correspondent à ses besoins ;
- semi-automatiquement : l'agent logiciel propose des informations qui lui semblent répondre aux besoins de l'utilisateur, lequel valide ensuite explicitement ce qui lui convient effectivement ;
- automatiquement : le logiciel utilise l'historique des actions de l'utilisateur (sites fréquemment visités, liens suivis, par exemple) pour enrichir le modèle par inférence.

La figure 7.7 représente trois modes d'apprentissage du profil utilisateur dans le domaine de la recherche d'information sur le web. Selon le cas, l'utilisateur doit :

<sup>9</sup> A la date de ce chapitre, le site détaillant ce logiciel se trouve à l'adresse [www.ecatch.com](http://www.ecatch.com).



**Figure 7.7.** Exemples d'architectures multi-agent d'information dans le domaine de l'internet

– définir ses préférences en remplissant un formulaire (a) : lors de la première utilisation de l'agent de recherche (1), celui-ci va soumettre à l'utilisateur un



formulaire (2) et constituera le profil de l'utilisateur en fonction de ses réponses. Ce profil est utilisé lorsque l'utilisateur dépose une requête dans l'agent (3). L'agent recherche alors les informations adaptés à la requête et au profil de l'utilisateur (4).

- accepter ou rejeter les résultats transmis par l'agent de recherche (b) : l'utilisateur dépose une requête dans l'agent de recherche (1). Ce dernier va tout d'abord rechercher tous les résultats relatifs à la demande (2) et les transmettre à l'utilisateur (3). L'utilisateur signale alors les informations qu'il trouve acceptables (4). En fonction des informations gardées ou jetées, l'agent de recherche met à jour le profil de l'utilisateur (5).

- Ne rien faire vis-à-vis de l'agent de recherche (c) : l'agent de recherche observe les actions de l'utilisateur relatives au web (1) (la liste de ses sites favoris, les pages visités par exemple) pour constituer son profil (2). Ainsi, lorsque l'utilisateur dépose sa requête (3), l'agent de recherche tente d'y répondre en adéquation avec le profil (4).

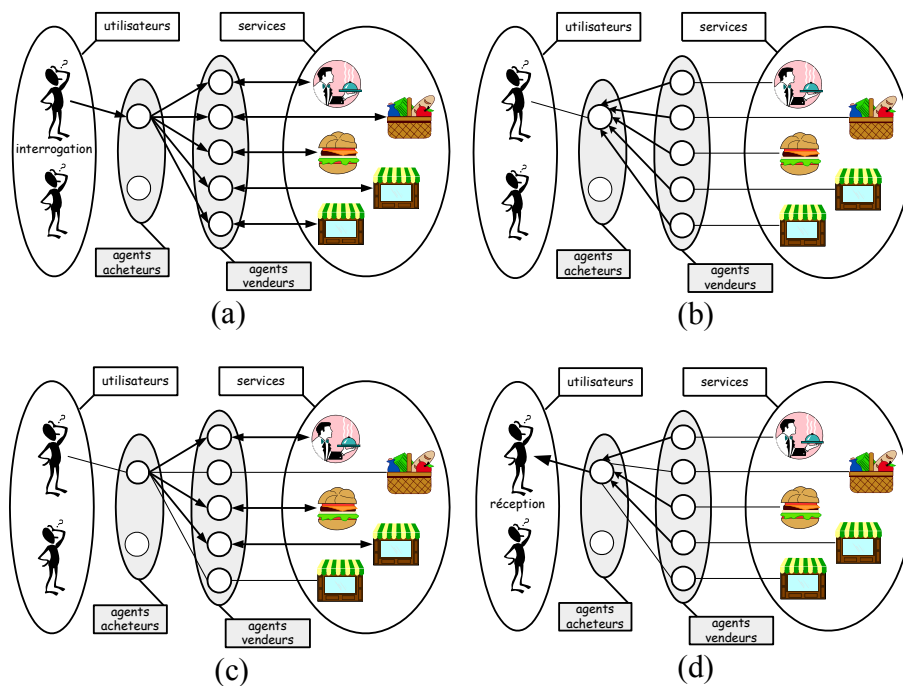
Ces différentes méthodes d'acquisition ou d'apprentissage de connaissances sur l'utilisateur peuvent être utilisées au sein d'un même système : la validation manuelle a lieu lors des premières utilisations, puis le système enrichit par lui-même le modèle progressivement. Par exemple, le système Ringo [SHA 95] crée les profils par classification à partir des centres d'intérêts exhibés par les utilisateurs précédents. UM-tool [BRA 90] utilise des stéréotypes d'utilisateurs et un système de re-classification dynamique.

Même si certains SMA dédiés à la recherche sur le web possèdent une architecture similaire à l'architecture présentée à la figure 7.4, les agents constituant ces SMA sont relativement peu coopérants, ce qui peut poser un problème de manque de cohérence dans les informations qu'ils fournissent. De plus, si ces systèmes s'adaptent à l'utilisateur, ils souffrent d'un manque d'adaptation au réseau Internet (par exemple : si un site web ou un moteur de recherche ne répond plus, le système devrait être capable de trouver un autre site ou un autre moteur).

### 7.6.3. Commerce électronique

Le commerce électronique a été défini par Zwass [ZWA 96] comme étant le partage d'informations commerciales, le maintien des relations commerciales et la conduite de transactions commerciales au travers de réseaux de télécommunication. Le commerce électronique repose donc sur la structure d'un réseau coopératif où les agents, situés sur les nœuds, doivent négocier avec d'autres agents par des transmissions effectuées le long des arcs. C'est surtout en ce qui concerne leurs capacités de négociation avec d'autres agents, d'adaptation aux fluctuations du marché et en ce qui concerne les transactions sécurisées possibles dans un système constitué d'une même famille d'agents (c'est-à-dire possédant le même protocole

d'identification) que les agents apportent un plus dans le domaine du e-Commerce (commerce électronique). En effet, les agents utilisés en commerce électronique sont capables de négocier, c'est-à-dire d'échanger des propositions et revendications jusqu'à l'obtention d'un accord commun. Ainsi, l'utilisateur n'accède pas directement aux différents magasins (figure 7.8), mais délègue la tâche de rechercher le meilleur prix d'un produit à un agent "acheteur". L'agent acheteur tente alors de négocier avec les différents agents "vendeurs". Le processus de négociation a pour objectif de converger vers des solutions optimisant les gains des différents intervenants.



**Figure 7.8.** Exemple de négociation entre agents destinés au commerce électronique.

- (a) L'utilisateur recherche un plat et s'adresse à un agent acheteur. Celui-ci se met en relation avec des agents vendeurs reliés à des bases de données ou des sites de fournisseurs.
- (b) L'agent acheteur reçoit et traite les informations reçues : il sélectionne les informations les plus pertinentes en fonction des besoins de l'utilisateur (qualité, rapidité de livraison, prix) et soumet aux agents vendeurs les plus attractifs une nouvelle requête (le but étant de se rapprocher de la cuisine de qualité servie rapidement pour un prix minimum).

*(c) Les agents vendeurs vérifient si cette requête peut être satisfaite et si elle est cohérente avec les services proposés et la stratégie suivie par le fournisseur. Les agents retournent alors une seconde offre que l'agent acheteur analyse.*

*Le principe de négociation peut nécessiter plusieurs "aller-retour" entre les étapes (b) et (c).*

*(d) Les échanges entre l'agent acheteur et les agents vendeurs étant parvenus à un accord, une proposition est alors envoyée à l'utilisateur.*

Le nombre de communications lors du processus de négociation pouvant être très important, de nouvelles architectures font l'objet de recherche. Ainsi, [SIM 00] propose un SMA pour le commerce électronique comprenant cinq types d'agents : les *agents acheteurs* qui jouent le rôle d'interface entre l'utilisateur et le système et qui postent ou retirent les demandes d'un tableau noir ; les *agents vendeurs* qui jouent le rôle d'interface entre les vendeurs et le système et qui postent des propositions dans le tableau noir ; les *agents courtiers*, qui établissent des connections entre agents acheteurs et agents vendeurs ; les *agents enregistreurs*, qui enregistrent l'historique des actions des utilisateurs, ainsi que leurs profils ; les *agents de recommandations*, recherchent en cas de déséquilibres entre acheteurs et vendeurs, de nouveaux vendeurs ou des acheteurs potentiels en puisant dans le suivi des actions ainsi que dans la base de profils.

En ce qui concerne l'interaction avec l'utilisateur, le point clé des agents pour le commerce électronique est encore la détection, voire l'apprentissage de son profil. Du point de vue de l'utilisateur acheteur, cela lui permet d'obtenir des réponses plus adaptées à ses demandes (par exemple, une même recherche concernant des voitures pourrait s'orienter automatiquement sur les préférences de l'utilisateur, identifiées lors des recherches précédentes, telles que : cinq portes, moteur essence, etc.). Du point de vue de l'utilisateur vendeur, une gestion des profils est indispensable car elle permet d'offrir ses produits ou ses services aux personnes jugées comme étant potentiellement clientes.

Les agents utilisés en commerce électronique peuvent également être des agents mobiles. Ils intègrent alors des caractéristiques identiques aux agents généraux (nom de l'agent, date de création, liste des destinations de l'agent) ainsi que des données liées à la sécurité. Ce problème de sécurité est fondamental et sera dans l'avenir, crucial pour l'essor de ces applications. En effet, comment différencier un agent mobile, migrant sur un site, d'un simple virus ? Cette question reste un problème ouvert [MAN 00].

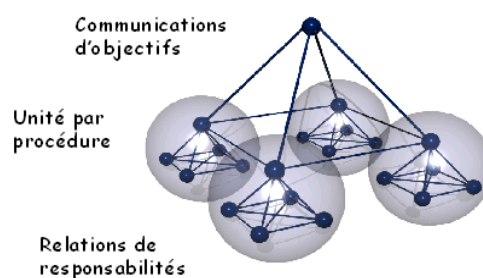
### **7.7. Etude de cas : les systèmes administratifs complexes**

Dans le cadre des systèmes administratifs complexe, les agents peuvent apporter une aide à la gestion des informations manipulées sous forme de documents. Les

activités des processus administratifs complexes peuvent être considérées comme des processus de type workflow dans lesquels les acteurs se communiquent des documents et coopèrent à leur mise en œuvre ou à leur étude, éventuellement en commun [ADA 00]. Dans cette partie, après avoir décrit l'architecture générale d'un système administratif complexe, nous introduisons une organisation d'agents particulière (suivant des concepts dits holoniques) et les principes sous-jacents, la méthode MAMOSACO adaptée à la modélisation des systèmes administratifs complexe, ainsi que la spécification d'un système orienté holon pour l'aide au travail coopératif ; un cadre applicatif sert de base à cette étude.

### 7.7.1. Architecture générale d'un système administratif complexe

L'architecture d'un système administratif complexe repose de plus en plus souvent sur celle des réseaux coopératifs présentés en 7.3.2.2. Cependant, celle-ci est structurée selon une organisation pyramidale. En effet, dans de nombreuses organisations administratives actuelles, les unités sont structurées par objectifs. Chacune de ces unités possède une autonomie nécessaire à la réalisation de son objectif, mais doit coopérer avec les autres unités (ou au moins elle doit veiller à ce que ses activités soient cohérentes avec les activités des autres unités), afin que l'organisation administrative complexe atteigne son objectif global. Les liens entre les unités sont donc moins rigides que dans le cas des organisations hiérarchiques ; il s'agit en effet de relations de responsabilités entre acteurs plutôt que de relations de hiérarchie. La figure 7.9 représente la structure de ces nouvelles organisations administratives complexes.



**Figure 7.9.** *Exemple d'organisation administrative complexe*

*Chaque sphère pleine représente un acteur ou un service. Les sphères translucides représentent des unités dédiées à des procédures particulières.*

Un SMA facilitant la gestion d'information au sein des systèmes administratifs complexes devra donc correspondre à ce type d'architecture. Il est à noter que ce

type d'architecture a été défini par A. Koestler sous le terme de modèle holonique que nous présentons dans ce chapitre.

### 7.7.2. Concept holonique : historique et définitions

Il y a environ 30 ans, l'écrivain et philosophe hongrois A. Koestler [KOE 69], suite à une étude des organisations sociales, a mis en évidence le fait que dans la vie réelle, une entité soit un tout ou une partie, et qu'elle ne peut être considérée comme un absolu. Il proposa alors le concept de Holon, concaténation de "holos", signifiant le tout et du suffixe "on" suggérant une partie comme dans "proton". Un Holon est défini comme une partie d'un tout ou d'une organisation plus large, répondant strictement à trois conditions : être *stable* (afin de faire face à des fortes sollicitations), avoir une capacité d'*autonomie* (afin de réaliser ses objectifs personnels) et être capable de *coopérer* (afin de travailler sur des objectifs ou dans des projets communs). Notons que l'on retrouve les principales caractéristiques des agents présentées précédemment. Koestler ne se limite pas à ces trois règles de base, mais propose un ensemble de 65 règles (Cf. ci-après) décrivant les notions de dualité coopération-autonomie, de communication et d'architecture qu'il est possible d'adapter à différents cas d'utilisation.<sup>10</sup>

Il est possible de tirer parti de ces concepts afin de spécifier une Organisation Multi-Agents (OMA) dédiée à l'assistance des acteurs des systèmes administratifs complexes [ADAM 99]. La partie suivante présente les principes holoniques décrivant le fonctionnement général des nouvelles organisations administratives complexes sur lesquelles il est possible de se baser pour concevoir cette OMA holonique.

### 7.7.3. Les principes holoniques

En annexe de son livre [KOE 69], Arthur Koestler donne une série de règles regroupées autour de dix ensembles définissant les systèmes holoniques qu'il appelle "Systèmes Hiérarchiques Ouverts" (SHO) :

---

<sup>10</sup> En effet, le concept holonique a été appliqué, notamment dans un projet international baptisé "Intelligent Manufacturing Systems" [VAN 96], afin de constituer l'un des paradigmes sur lequel pourrait se construire l'usine du futur. Ces idées sont aussi appliquées dans le domaine de la robotique [ARA 97], ainsi que dans celui de la psychologie cognitive [YOU 95]. On doit également citer les travaux de Siekmann [GER 99] sur la description formelle d'agents holoniques et ses propositions d'application dans les domaines de la planification des transports, des systèmes de productions flexibles et des Robocup.

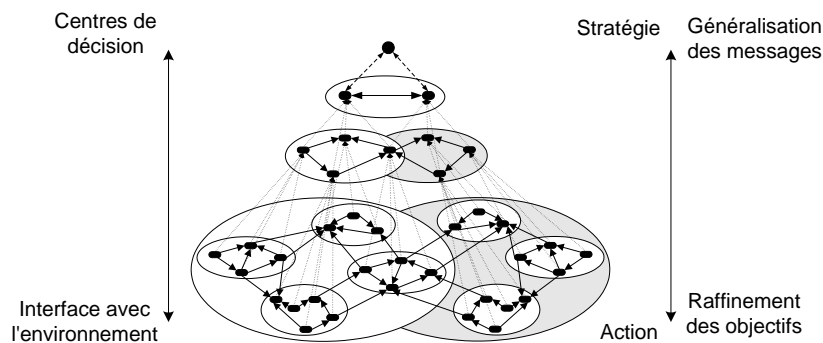
– Quatre ensembles de règles mettent l'accent sur le fait qu'un acteur d'un SHO est à la fois autonome et dépendant des autres acteurs du système. C'est par des modifications des degrés d'autonomie et de coopération entre ses parties que le système holonique s'adapte aux fluctuations de l'environnement.

– Deux ensembles de règles sont relatifs à la nature arborescente, pyramidale de l'organisation holonique : chaque acteur de l'organisation peut être responsable d'un ensemble d'acteurs (appelé *couche* d'acteurs).

– Deux ensembles de règles concernent l'établissement et le respect des règles et stratégies, c'est-à-dire que chaque acteur doit respecter certaines règles fixées par l'organisation, tout en étant libre d'adopter sa propre stratégie en fonction de son environnement, et selon la position qu'il occupe dans l'organisation. En effet, plus un acteur se situe vers le haut de l'organisation, plus ses actions concernent des prises de décisions, et plus un acteur est localisé à la base de l'organisation, plus ses actions sont définies et précises.

– Enfin, deux ensembles de règles font référence aux communications. Dans une organisation holonique, les messages ne sont possibles qu'entre un acteur et son responsable ou entre acteurs d'une même couche. Les messages deviennent de plus en plus détaillés ou explicités au fur et à mesure qu'ils descendent dans l'organisation. Ils sont filtrés et généralisés lorsqu'ils passent à un niveau supérieur. La base de l'organisation joue donc le rôle d'interface réactive avec l'environnement.

La figure 7.10 schématise une organisation holonique et reprend les principaux points évoqués. Ainsi, il est tout à fait possible de concevoir un OMA holonique répondant à ces notions.



**Figure 7.10.** Organisation holonique sous forme de multi-hiérarchie  
(figure inspirée de la représentation d'organisations d'agents de [FER 95])

Dans une telle organisation, les agents possèdent des capacités plus cognitives au sommet et des capacités plus réactives à la base. Nous reviendrons par la suite sur la proposition d'une spécification OMA holonique assistant les acteurs d'une organisation administrative complexe (elle sera appelée SOHTCO pour Système Orienté Holon pour l'aide au Travail Coopératif; cf. 7.7.5). A ce sujet, il est nécessaire de modéliser le fonctionnement de l'organisation administrative complexes, ou de certaines de ces procédures, avant d'y adjoindre une OMA, facilitant les actions entre les acteurs, ce que nous soulignons dans la partie suivante.

#### ***7.7.4. MAMOSACO : Méthode Adaptable de MODélisation de Systèmes Administratifs Complexes***

Afin de modéliser des processus administratifs complexes de type workflow, nous avons conçu la méthode MAMOSACO par intégration de plusieurs méthodes du génie logiciel suite à leur comparaison [ADA 99] [ADA 00]. L'intégration permet de construire en un temps relativement court une méthode adaptée aux besoins, dans notre cas : mettre en évidence les aspects de coopération (la communication, la coordination, et la collaboration) et les degrés de responsabilité des différents acteurs. Cette méthode permet de représenter les acteurs des processus administratifs complexes selon leurs degrés de responsabilité dans le processus, et permet surtout de représenter les flux d'informations entre ces acteurs.

MAMOSACO se compose de quatre principaux modèles, un modèle des données, un modèle de flux de données, un modèle de traitement des données et un modèle dynamique :

- En ce qui concerne le modèle des données, celui proposé par UML permet de représenter à la fois la structure des informations (des documents) ainsi que les relations qui existent entre elles (appartenance, agrégation, héritage).
- Le modèle des flux de données, représentant les flux d'informations entre les acteurs, est basé sur le modèle des actigrammes de la méthode SADT [IGL 89], que nous avons adapté afin de représenter les niveaux de responsabilité entre acteurs.
- Si le modèle d'activité représente tous les flux possibles entre les acteurs, il ne représente pas les conditions dans lesquelles ces flux suivent un chemin précis. Cette notion de condition se trouve dans le modèle des traitements. Ce modèle doit également faire ressortir la coopération entre les acteurs, et bien sûr, les liens de hiérarchie et/ou de responsabilité. Nous utilisons à ce propos le modèle des traitements de la méthode OSSAD [DUM 90] qui permet en outre de représenter la coopération et les notions de hiérarchie. A l'instar du modèle d'activité, ce modèle peut être utilisé pour la spécification de l'OMA holonique. Aux acteurs correspondent alors les agents, classés par niveau croissant de responsabilité et traitant des données pour les transmettre à d'autres agents sous certaines conditions.

Ces deux modèles permettent alors de vérifier que l'OMA spécifiée suit les règles holoniques de communication. En effet, les agents devant communiquer entre eux en suivant la holarchie, le nombre de flux traversant le modèle et 'sautant' des niveaux de responsabilité doit être minimisé. Cependant, si ces modèles peuvent être réutilisés lors de la phase de spécification, ils ne sont pas suffisants pour y mener. En effet, il manque des informations importantes quant à la dynamique de l'organisation humaine étudiée.

– Ainsi, la méthode MAMOSACO se compose d'un quatrième modèle, basé sur les réseaux de Petri (RdP) paramétrés [ADA 98].<sup>11</sup> La modélisation par ces RdP implique de définir, au niveau des transitions (niveau général), au niveau des places (niveau local) et au niveau des acteurs (niveau personnel) des règles de fonctionnement sous la forme préconditions-actions-postcondition [VAL 95] (par exemple à la précondition "brevet.pret ET acteur.libre" peut être associée la postcondition associée "brevet DEVIENT vérifié PAR acteur").

MAMOSACO est supportée par un atelier de modélisation et de simulation. A l'issue des étapes de modélisation et de simulation (celle-ci étant possible grâce aux RdP), nous obtenons pour chaque procédure trois niveaux de règles (globales, locales et personnelles) décrivant les activités des acteurs. Ces règles peuvent être utilisées par les agents du système interactif afin d'assister les acteurs.

#### **7.7.5. Spécification d'un Système Orienté Holon pour l'aide au Travail Coopératif (SOHTCO)**

Le système d'aide à la gestion d'information doit être réparti autour de chaque acteur afin de les conseiller au mieux et de faciliter la coopération entre eux ; le but est d'augmenter à la fois l'autonomie des acteurs par une aide appropriée, la coopération par la prise de conscience de la nature commune des activités et la stabilité des acteurs par une veille des actions. Afin de garder une cohérence dans un système réparti, plusieurs travaux ont montré que l'utilisation d'au moins deux types de règles est nécessaire : des règles individuelles au niveau de chaque module et des règles sociales définissant les interactions possibles entre les modules. Par exemple, Boissier et Demazeau proposent une architecture pour un contrôle social et individuel d'un système d'agents destiné à la reconnaissance de forme [BOI 94]. Dans notre cas, le SOHTCO doit posséder trois niveaux de règles d'assistance :

– Pour veiller à la cohérence du fonctionnement d'un processus administratif, le SOHTCO doit posséder un premier niveau constitué de règles générales décrivant la circulation des informations entre les acteurs (ce qui correspond aux règles sociales).

---

<sup>11</sup> On retrouve donc ici l'utilisation du couple SADT/Petri proposé par [ABE 91] et décrite dans le chapitre 5 de l'ouvrage complémentaire à celui-ci [ABE 01].



– Puis, plus précisément, au niveau de chaque bureau, le SOHTCO doit posséder un ensemble de règles locales, sortes de protocoles d'accord entre personnes situées dans le même espace (par exemple : SI un fax apparaît ALORS c'est la première personne libre qui gère ce fax).

– Au dernier niveau, le SOHTCO doit posséder les règles représentant les activités des acteurs sur l'information dans des situations bien définies (par exemple, SI le dossier de candidature est en attente ET que l'acteur est libre, ALORS il doit traiter le dossier).

#### 7.7.5.1. *Structure de l'organisation*

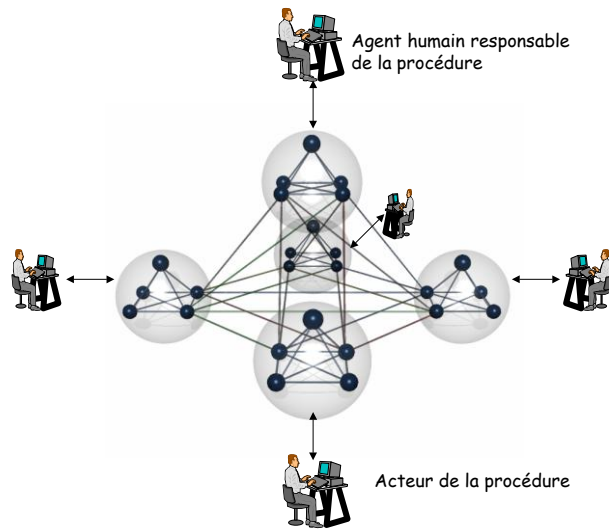
Selon les propriétés des systèmes holoniques, nous devons trouver, à la base, l'interface entre le SOHTCO et son environnement. Ce dernier étant constitué des acteurs et des documents, la première couche contiendra donc des agents holoniques responsables de l'interaction avec l'utilisateur et des liaisons avec le poste de travail et les agents holoniques : on trouve sur chaque poste une première couche, constituée de 4 agents holoniques de bas niveau (agents exécutants), responsables respectivement des activités (1) d'émission, (2) de réception de messages, (3) de gestion de documents et (4) d'interaction avec l'utilisateur. Chaque couche doit être supervisée par un agent holonique responsable de l'assistance aux acteurs associés au poste de travail. Cet agent doit connaître les règles personnelles et les règles locales du fonctionnement de la procédure.

Les modules d'assistance répartis sur chaque poste sont donc composés de 5 agents : un responsable de poste, ayant sous sa responsabilité 4 agents exécutants. Chacun de ces modules, assimilable à un holon, doit être lui-même placé sous la responsabilité d'un agent responsable de la procédure qui possède les connaissances générales du fonctionnement de l'ensemble de la procédure. Cet agent devant aussi pouvoir gérer ses messages et communiquer avec un acteur humain, il a aussi sous sa responsabilité 4 agents spécialistes. La figure 7.11 représente un exemple de SOHTCO. Les agents exécutants étant regroupés en couches, supervisés par les responsables de poste. Chaque sous-ensemble communique par l'intermédiaire de ses agents exécutants : l'émetteur et le récepteur. Toutes les couches sont au même niveau hiérarchique, mais le holon situé en haut de la figure est bien « holarchiquement » supérieur à tous les holons du système (il possède un niveau d'abstraction des connaissances plus élevé).

#### 7.7.5.2. *Modélisation et Spécification du SOHTCO*

Il est nécessaire de spécifier dans un premier temps le fonctionnement individuel des agents pour ensuite spécifier le fonctionnement coopératif de l'ensemble et décrire la gestion des informations entre ces agents. Dans ce chapitre, nous ne nous attarderons pas sur le fonctionnement individuel des agents, mais plutôt sur la

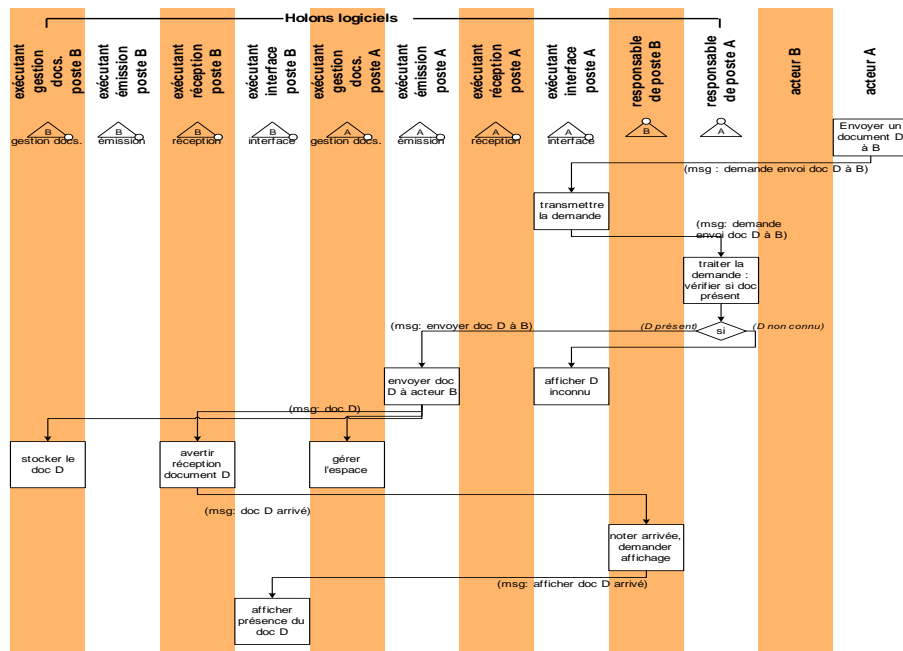
spécification du fonctionnement coopératif de l'organisation agent au sein de l'organisation humaine.



**Figure 7.11.** *L'architecture d'un SOHTCO*

Le SOHTCO est une organisation holonique d'agents. Chaque agent a des responsabilités, répond à des objectifs, et coopère avec les autres agents pour la réalisation d'un objectif commun : l'assistance aux acteurs d'une procédure administrative. Ces comportements coopératifs doivent être modélisés. Six types de comportement ont été identifiés dans [ADA 00] : l'initialisation du SOHTCO, la planification des actions, l'émission et la réception d'un document, la recherche d'un document et la surveillance du SOHTCO. La modélisation de ces comportements doit faire apparaître les différents niveaux de responsabilité des agents et les messages échangés en interne (entre les agents holoniques) ainsi qu'avec l'environnement. Pour cela, nous avons utilisé la méthode MAMOSACO : la figure 7.12 présente un exemple de spécification d'interactions entre organisation humaine et OMA. La procédure présentée concerne la transmission d'informations entre deux acteurs, assistée par les agents : l'acteur A demande à l'exécutant interface d'envoyer le document D à l'acteur B. La demande est transmise à l'agent responsable du poste de travail de l'acteur A qui possède une connaissance sur les fichiers utiles disponibles sur le poste A. Si le fichier est présent, il est transmis par l'exécutant d'émission A à l'exécutant de réception B. L'agent exécutant chargé de la gestion de documents A est averti du départ de D. A la réception sur le poste B, l'exécutant chargé de la gestion de documents B stocke le document ; le responsable

de poste B est alors averti de la présence de ce dernier. Il demande alors à l'exécutant interface d'avertir l'utilisateur de l'arrivée du document.



**Figure 7.12.** Exemple de spécification d'interactions entre une organisation humaine et une OMA holonique

### 7.7.6. Application

La démarche proposée dans cette partie a été appliquée dans le cadre d'un département de propriété industrielle d'une grande compagnie [ADA 00]. Suite à une analyse (réalisée en partie par une équipe d'ergonomes) des principales procédures de ce département et des tâches associées aux différents rôles joués par les acteurs (une quinzaine de rôles ont été identifiés), nous avons appliqué la méthode MAMOSACO afin d'en extraire les règles d'assistance. La mise à plat des procédures administratives complexes a permis d'améliorer notablement certaines procédures de façon organisationnelle (il a été possible en particulier de gagner plusieurs semaines sur des durées de procédures). Cette étape est très importante : il importe de modifier (s'il y a lieu) tout d'abord l'organisation humaine avant de mettre en place un système de gestion de l'information. Ceci peut éviter des incohérences ou des redondances au sein de l'organisation du système informatique qui reflète, dans le cas des processus administratifs complexes, l'organisation humaine. Enfin,

suite à cette mise à plat, nous avons spécifié un système multi-agents holonique (SOHTCO), dont les parties interagissent avec les acteurs de l'organisation humaine de façon autonome tout en étant gérées par un agent responsable. Le lecteur intéressé se référera à [ADA 00].

## 7.8. Conclusion

Les agents offrent donc de nouvelles possibilités en conception de systèmes d'information, principalement liées à leur aptitude à l'adaptation, l'autonomie et la coopération. L'adaptation est à rechercher principalement dans la personnalisation vis-à-vis de l'utilisateur ; l'autonomie est présente dans la réalisation de certaines tâches ; la coopération intervient entre les agents composant le système. Il apparaît néanmoins que l'interaction homme-systèmes à base d'agents mériterait de nombreuses études complémentaires. Nous avons évoqué en particulier les problèmes de reconnaissance de plan, de partage de tâches et de robustesse du système (prévisibilité et observabilité), au sens de [COU 01].

Ce dernier aspect (l'observabilité) est peut-être le plus aisé à améliorer actuellement. Il serait en effet intéressant, et envisageable, de donner à l'utilisateur un retour sur l'évolution de la demande ou sur la construction d'un résultat. Un système multi-agents est plus qu'une simple boîte noire fournissant un résultat automatiquement selon un schéma prédéfini. Il est constitué d'entités organisées et travaillant en parallèle. Certaines actions de l'utilisateur entraînent des modifications dans l'organisation ou du moins des échanges de messages, qu'il semble important d'indiquer à l'utilisateur. Afin de ne pas causer de surcharge cognitive auprès de l'utilisateur (Cf. à ce sujet le critère de charge de travail dans le chapitre 2 de cet ouvrage), il faut bien sûr veiller à ce que cette information soit la plus concise possible. Ainsi, il serait possible d'afficher dans une zone prédéfinie de l'interface, un cadre représentant la structure du SMA, ainsi que les flux d'information entre les entités qui le composent (fig. 7.13).

La figure 7.13 présente une proposition de fenêtre, montrant l'influence des actions de l'utilisateur sur l'OMA (la fenêtre se situe en haut à droite de l'interface de représentation d'un agent de recherche intégré dans une OMA, chargé de trouver périodiquement des informations correspondant aux requêtes de l'utilisateur, dans un contexte de veille technologique). Tout en occupant peu de place et en occultant au minimum l'interface utilisateur par le choix d'un fond opaque, une telle information peut se montrer très utile dans le sens où elle pourrait rassurer l'utilisateur quant à l'utilisation d'un logiciel issu de la technologie multi-agents et par là même pourrait accroître l'utilisabilité de tels systèmes. Des recherches sont encore à mener dans ce domaine.

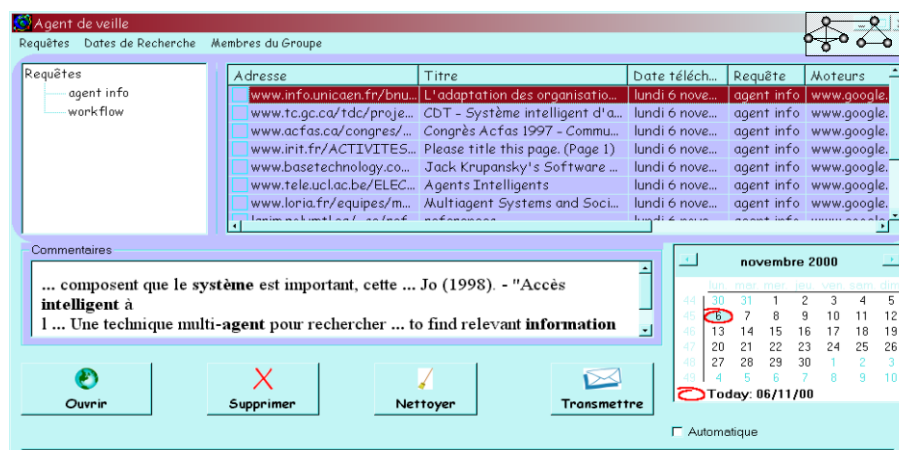


Figure 7.13. Proposition de visualisation de l'influence de l'utilisateur sur le SMA

## 7.9. Bibliographie

- [AAM 99] Numéro spécial "Coordination mechanisms for web agents", *Autonomous Agents and Multi-Agent Systems*, n°2, 1999.
- [ABE 91] Abed M., Bernard J.M., Angué J.C., "Task analysis and modelization by using SADT and Petri Networks", *Proceedings Tenth European Annual Conference on Human Decision Making and Manual Control*, (1991), Liège, Belgium.
- [ABE 01] Abed M., Ezzedine H. et Kolski C., " Modélisation des tâches dans la conception et l'évaluation des systèmes interactifs : mise en œuvre avec la méthode SADT/Petri", In *Analyse et conception de l'IHM, Interaction Homme-Machine pour les S.I. 1*, Kolski C. (coord.), Editions Hermes, Paris, 2001.
- [ADA 98] Adam E., Mandiau R. et Vergison E., "Parameterized Petri nets for modelling and simulating human organisations in a workflow context", *Proceedings International Conference on Applications and Theory of Petri Nets*, Lisboa, Portugal June, 1998.
- [ADA 99] Adam E. et Kolski C., "Etude comparative de méthodes du Génie Logiciel utiles au développement de systèmes interactifs dans les processus administratifs complexes", *Génie Logiciel*, n°49, p. 40-54, 1999.
- [ADA 00] Adam E., *Modèle d'organisation multi-agent pour l'aide au travail coopératif dans les processus d'entreprise : application aux systèmes administratifs complexes*, Thèse de Doctorat, Université de Valenciennes et du Hainaut-Cambrésis, septembre, 2000.

- [AKO 98] Akoulchina I. et Ganascia J.G., "SAGE Agent for the SATELIT Web-based system", *Proceedings of the First International Conference on Web-based Modeling and Simulation (WebSim'98)*, P.A.Fishwick, R.C.Hill et R.Smith (Eds.) SCS, Simulation Series, vol. 30, n°1, p. 3-8, 1998.
- [ALV 98] Alvarez L. O., Menez P.B. et Demazeau Y., "Problem decomposition: an essential step for multi-agent systems", *Proceedings of the 10th International Conference on Systems Research, Informatics and Cybernetics (ICSRIC'98)*, Baden-Baden, Germany, Aug. 1998.
- [ARA 97] Arai T., Aiyama Y. et Sasaki Y., "Holonc Storage: an assembly and storage cell by manipulation using environment", *Proceedings of the 29th CIRP International Seminar on Manufacturing System - New Manufacturing Era*, Osaka, Japan, p. 221-226, 1997.
- [BEL 95] Bell S. et Brockhausen P., *Discovery of data dependencies in relational databases*, LS-8 Report 14, Universität Dortmund, Germany, 1995.
- [BEL 98] Bellika J.G., Hartvigsen G. et Widding R.A., "Using User Models in Software Agents: The Virtual Secretary", *Proceedings of the 3rd International Conference on Multi Agent Systems (ICMAS'98)*, Paris, France, Juillet 4-7, Demazeau Y. (Ed.), IEEE Press, 1998.
- [Boissier 94] Boissier O., Demazeau Y., "An Architecture for Social and Individual Control and its Application to Computer Vision", *Proceedings of the Modelling Autonomous Agents in a Multi-Agent World (MAAMAW) conference*, 2-4 Août, Odense, Danemark, 1994.
- [BON 99] Bonabeau E., Dorigo E. et Theraulaz G., "L'intelligence en essaim", In *Ingénierie des Systèmes Multi-Agent, Actes des Journées Francophones de l'Intelligence Artificielle Distribuée et des Systèmes Multi-Agents, JFIADSMA'99 (1999)*, M.P. Gleizes (Ed.), Paris : Hermes, p. 25-38, 1999.
- [BOU 99] Bourjot C., Chevrier V., Bernard A. et Krafft B., "Coordination par le biais de l'environnement, une approche biologique", In *Ingénierie des Systèmes Multi-Agent, Actes des Journées Francophones de l'Intelligence Artificielle Distribuée et des Systèmes Multi-Agents, JFIADSMA'99 (1999)*, M.P. Gleizes (Ed.), Paris : Hermes, p. 237-250, 1999.
- [BOY 91] Boy G., *Intelligent Assistant Systems*, Academic Press, London, 1991.
- [BRA 90] Brajnik G., Guida G., Tasso C., "User Modeling in Expert Man-Machine Interfaces: a Case Study in Intelligent Information Retrieval", *IEEE Transactions on SMC*, vol. 20, n°1, p. 166-185, 1990.
- [BRO 91] Brooks R. A., "Intelligence Without Reason", *Proceedings of the 12th International Joint Conference on Artificial Intelligence, IJCAI'91 (1991)*, Sydney, Australie, Myopoulos J. et Reiter R. (Eds.), p. 569-595, 1991.
- [BRU 96] Van Brussel H., Bongaerts L., Wyns J., Valckenaers P. et Van Ginderachter T., "A Conceptual Framework for Holonic Manufacturing Systems: Identification of Manufacturing Holons", *Journal of Manufacturing Systems*, vol. 18, n°1, p. 35-52, 1999.
- [CAM 97] Camps V., Gleizes M.P. "Une technique multi-agent pour rechercher des informations réparties", *cinquièmes journées francophones sur l'Intelligence Artificielle*

*Distribuée & Systèmes Multi-Agents*, JFIADSMA'97 (1997), La Colle sur Loup, Editions Hermès, Paris, p. 29-46, 1997.

[CAS 98] Castelfranchi C. et Falcone R., "Principles of trust for MAS: cognitive anatomy, social importance, and quantification ", *Proceedings of the International Conference on Multi-Agent Systems*, ICMAS 98 (1998), Paris, p. 72-79.

[CHA 96] Chaib-draa B., "Interaction between agents in routine, familiar and unfamiliar situations", *International Journal of Intelligent and Cooperative Information Systems*, vol. 1, n° 5, p. 7-20, 1996.

[CHE 98] Chen L. et Sycara K., "WebMate: A Personal Agent for Browsing and Searching". *Proceedings of the 2nd International Conference on Autonomous Agents and Multi-Agent Systems*, Minneapolis, MN, 1998.

[COU 01] Coutaz J. et Nigay L., "Architecture logicielle conceptuelle des systèmes interactifs", In *Analyse et conception de l'IHM, Interaction Homme-Machine pour les S.I. 1*, Kolski C. (coord.), Editions Hermes, Paris, 2001.

[DEL 00] Delgado J.A.R., Agent-based information filtering and recommender systems. Thesis of doctor, Institute of Technology, Nagoya (Japan), 2000.

[DUM 90] Dumas P. et Charbonnel G., *La méthode OSSAD, pour maîtriser les technologies de l'information, Tome 1 : principes*, Paris : Les éditions d'organisation, 1990.

[ETZ 94] Etzioni O., Weld D., "An Softbot-based interface to the Internet", *Communication of the ACM*, vol. 37, n° 7, p. 72-76, 1994.

[FER 95] Ferber J., *Les systèmes multi-agents, vers une intelligence collective*, IIA, Paris : InterEditions, 1995.

[GER 99] Gerber C., Siekmann J., Vierke G., Holonic Multi-Agent Systems, Rapport de Recherche, n°RR-99-03, DFKI (Deutsche Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz) GmbH, 1999.

[GOL 99] Goldman C. V. et Rosenschein J. S., "Partitioned Multiagent Systems in Information Oriented Domains", *Proceedings of the Third International Conference on Autonomous Agents*, Agents '99 (1999). Seattle, Washington.

[GRI 99a] Grislin-Le Strugeon E., Millot P. "Specifying artificial cooperative agents through a synthesis of several models of cooperation", *Proceedings of the 7th European Conference on Cognitive Science Approaches to Process Control CSAPC'99*, Presses Universitaires de Valenciennes, p. 73-78, 1999.

[GRI 99b] Grislin-Le Strugeon E., Peninou A. et C. Kolski, "Multi-Agent Systems for Adaptive Multi-User Interactive System Design: Some Issues of Research", *Proceedings of the 8th International Conference on the Human-Computer Interaction HCI'99*, H.J. Bullinger & J. Ziegler (eds.), vol.1, p. 326-330, 1999.

- [HAY 99] Hayes-Roth B. et al., "Web guides", *IEEE Intelligent Systems*, March/April, p. 23-27, 1999.
- [IGL 89] I.G.L. Technology, *SADT, un langage pour communiquer*, Paris : Eyrolles, 1989.
- [KOD 96] Koda T., "Agents with Faces: A Study on the Effects of Personification of Software Agents", M.S. Thesis, Massachusetts Institute of Technology, 1996.
- [KEE 00] Keeble R.J., Macredie R.D., "Assistant Agent for the World Wide Web intelligent interface design challenges", *Interacting with Computers*, vol. 12, p. 357-381, 2000.
- [KOE 69] Koestler A., *The Ghost in the Machine*, London : Arkana Books, 1969.
- [KOL 98] Kolski C. et Le Strugeon E. "A review of intelligent human-machine interfaces in the light of the ARCH model.", *International Journal of Human-Computer Interaction*, vol. 10, n°3, pp. 193-231, 1998.
- [KUF 00] Kuflik T. et Shoval P., "User Profile Generation for Intelligent Information Agents –Research in Progress", *Proceedings of the Conference on Advanced Information Systems Engineering*, CaiSE'00 (2000), Stockholm, Suède, 2000.
- [LAN 94] Lant T. K., "Computer Simulations of Organizations as Experiential Learning Systems: Implications for Organization Theory", In *Computational Organization Theory*, Carley K. M. & Prietula M.J. (Eds.), London : LEA publishers, p. 195-215, 1994.
- [LAS 94] Lashkari Y., Metral M. et Maes P., "Collaborative Interface Agents", *proceedings of the Twelfth National Conference on Artificial Intelligence*, AAAI '94 (1994), Seattle, USA, AAAI Press, 1994.
- [LAU 97] Laurel B., "Interface Agents : Metaphors with Character", In *Software Agent*, J. Bradshaw (Ed.), AAAI Press, p. 67-77, 1997.
- [LEE 94] Lee J.D. et Moray N., "Trust, self-confidence, and operators' adaptation to automation", *Int. J. Human-Computer Studies*, n° 40, p. 153-184, 1994.
- [LES 98] Lesh N., Rich C. et Sidner C., Using plan recognition in Human-Computer collaboration, MERL, Mitsubishi, Report TR-98-23, 1998.
- [LIE 97] Lieberman H., "Autonomous Interface Agents", *proceedings of the Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI'97, Atlanta, USA, Pemberton S. (Ed.), New-York, USA : ACM Press, p. 67-74, 1997.
- [MAN 00] Mandiau R. et Grislin-Le Strugeon E., *Panorama et applications des Systèmes Multi-Agents*, Chapitre de la Collection Techniques de l'Ingénieur, Référence S-810, Paris, 2000.
- [MAR 97] Marsh S. et Masrour Y., "Agent augmented community-information - The ACORN architecture", *Proceedings of CASCON'97 "Meeting of Minds"*, November, Toronto, Canada, 1997.



[MIC 94] De Michelis G., "From the analysis of cooperation within work-processes to the design of CSCW Systems", *Proceedings of the 15th Interdisciplinary Workshop on Informatics and Psychology: Interdisciplinary approaches to system analysis and design*, Schaerding, Austria, 1994.

[NWA 96] Nwana Hyacinth S., "Software Agent : an overview". *Knowledge Engineering Review*, vol. 11, n° 3, p. 205-244, 1996.

[ODU 97] Odubiyi J.B., Kocur D.J., Weinstein S. M., Wakim N., Srivastava S., Gokey C. et Graham J., "SAIRE - A scalable agent-based information retrieval engine", *Proceedings of the Autonomous Agent conference, Agents'97*, Müller J. (Ed.), New York : ACM Press, p. 292-299, 1997.

[PAY 00] Payne T., Sycara K., Lewis M., Lenox T.L. et Hahn S., "Varying the User Interaction within Multi-Agent Systems", *Proceedings of Autonomous Agents 2000*, June 3 - 7, Barcelona, Spain, 2000.

[POH 97] Pohl W. et Höle J., "Mechanisms for flexible representation and use of knowledge in user modeling shell systems." In A. Jameson, C. Paris & C. Tasso (Eds.), *User modeling: Proceedings of the 6th Int. Conf.*, Wien, New-York, Springer Verlag, 1997.

[RAM 00] Ramos M.P., Structuration et évolution conceptuelles d'un agent assistant personnel dans les domaines techniques, thèse d'université, Compiègne, 2000.

[RHO 00] Rhodes J., Just-In-Time Information Retrieval, Ph.D. Thesis, MIT Media Lab, 2000.

[RIC 96] Rich C. et Sidner C.L., "Lotus Development Corporation", *Proceedings of the ninth ACM Symposium on User Interface Software and Technology* (1997), Seattle, USA, p. 21-30, 1996.

[ROT 97] Roth E., Malin J.T. et Schreckenghost D., "Paradigms for intelligent interface design", In *Handbook of human-computer interaction*, 2nd edition, Chapter 50, p. 1177-1201, 1997.

[ROZ 00] Roze C., Grislin-Le Strugeon E., Abed M., Uster G. et Kolski C., "Recherche d'informations personnalisées", *Actes de la Conférence Internationale NîmesTIC 2000 Ingénierie des Systèmes et NTIC.*, Nîmes, France, 2000.

[RUS 97] Rus D., Gray R. et Kotz D., "Transportable Information Agent", *Journal of Intelligent Information systems*, vol. 9, n° 3, p. 215-238, 1997.

[SCA 01] Scapin D.L. et Bastien J.M.C., "Analyse des tâches et aide ergonomique à la conception : l'approche MAD\*", In *Analyse et conception de l'IHM, Interaction Homme-Machine pour les S.I. 1*, Kolski C. (coord.), Editions Hermes, Paris, 2001.

[SCH 93] Schneider-Hufschmidt M., Kühme T. et Malinkowski U. (Eds.), *Adaptive user interfaces*, New-York, North Holland, 1993.

- [SHA 95] Shardanand U. et Maes P. "Social information filtering: algorithms for automating word of mouth", *Conference proceedings on Human factors in computing systems*, ACM Press, May 7 – 11, Denver, CO USA, 1995.
- [SHO 93] Shoham Y., "Agent Oriented Programming", *Journal of Artificial Intelligence*, vol. 60, n°1, p.51-92, 1993.
- [SCH 97] Schael T., *Théorie et pratique du workflow. Des processus métiers renouvelé*, New-York : Springer Edition, 1997.
- [SIM 00] Sim K.W. et Chang R., "A Brokering Protocol for Agent-Based E-Commerce", *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics-part C: Applications and Reviews*, vol. 30, n° 4, p. 474-484, 2000.
- [SOL 98] Soltysiak S.J. et Crabtree I.B., "Automatic learning of user profiles - towards the personalisation of agent services.", *BT Technology Journal*, vol. 16, n°3, p. 110-117, 1998.
- [SYC 97] Sycara K., Decker K., Pannu A. et Williamson M., "Designing Behaviors for Information Agents", *Proceedings of the First International Conference on Autonomous Agents*, AGENTS-97, February 5 - 8, Marina del Rey, CA USA, ACM Press, 1997.
- [TRA 99] Tranvouez E. et Espinasse B., "Protocoles de coopération pour le réordonnancement d'atelier", In *Ingénierie des Systèmes Multi-Agent*, Actes des Journées Francophones de l'Intelligence Artificielle Distribuée et des Systèmes Multi-Agents, JFIADSMA'99 (1999), M.P. Gleizes (Ed.), Paris : Hermes, p. 295-312, 1999.
- [VAL 95] Valette R., Les réseaux de Petri, Polycopiés de cours, Université de Toulouse I, LAAS-CNRS, 1995.
- [VIR 99] Virvou M. et Du Boulay B., "Human plausible reasoning for intelligent help", *User modeling and user-adapted interaction*, vol. 9, p. 321-375, 1999.
- [WAE 98] Waern A., Averman C., Tierney M., Rudström A. et Laaksolahti J., ConCall: an information service for researchers based on EdInfo, Report T98:04, 1998.
- [WFM 99] Workflow Management Coalition, Terminology and Glossary. Document n°WPMC-TC-1011, 3.0, February 1999.
- [WHI 97] White J. E., "Mobile Agents", In *Software Agent*, J.M. Bradshaw (Ed.), AAAI Press, Menlo Park, USA, 1997.
- [WIL 87] Williges R.C., Williges B.H. et Elkerton J., "Software interface design", In G. Salvendy (Ed.), *Handbook of Human Factors*, p. 1416-1449, New-York, Wiley, 1987.
- [YOU 95] Young M. J., "Human Error and the holon cognitive architecture", *Proceedings of the 6th Symposium on analysis, design and evaluation of Man-Machine systems*, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, USA : MIT-Press, 1995.
- [ZWA 96] Zwass V., "Electronic Commerces: Structures and Issues", *International Journal of Electronic Commerce*, vol. 1, n°1, p. 3-23, 1996.

### **7.10. Remerciements**

Les auteurs souhaitent remercier René Mandiau, André Péninou et Christelle Petit-Rozé qui participent quotidiennement et activement aux réflexions et travaux présentés ici, de même qu'Emmanuel Vergison pour ses remarques pertinentes concernant l'étude de cas.