

Conception des systèmes multi-agents : pistes de réflexion en vue de futures coopérations entre ergonomes et informaticiens

*Christophe Kolski, Emmanuelle Grislin-Le Strugeon,
Emmanuel Adam*

LAMIH-UMR CNRS 8530
Le Mont Houy
59313 Valenciennes cedex 9, France
christophe.kolski@univ-valenciennes.fr

Philippe Mathieu

LIFL-UMR CNRS 8022
Bat. M3
59655 Villeneuve d'Ascq Cedex
Mathieu@lifl.fr

RESUME

Issus de l'Intelligence Artificielle Distribuée, les agents et systèmes multi-agents sont de plus en plus présents dans les systèmes en interaction avec les utilisateurs. En conséquence, leur utilisation devrait nécessiter l'adaptation ou la définition de méthodes d'analyse, conception et évaluation, dédiés aux nouveaux systèmes à base d'agents. C'est par rapport à des attentes vis-à-vis des agents d'une part, de plusieurs domaines d'application actuels d'autre part, que des pistes de réflexion en vue de futures coopérations entre ergonomes et informaticiens, sont discutées.

MOTS CLES : Systèmes multi-agents, ergonomie, agents, nouvelles méthodes de conception.

ABSTRACT

Issued from Distributed Artificial Intelligence, agents and multi-agent systems are more and more present in systems in interaction with users. Consequently, their using may necessitate the adaptation or definition of analysis, design and evaluation methods, dedicated to new agent-based systems. Ways of study are proposed from several new application fields, with a view of future cooperations between ergonomists and computer scientists.

KEYWORDS : Multi-agent systems, human factors, agents, new design methods.

INTRODUCTION

Les évolutions conceptuelles, technologiques et méthodologiques découlant des recherches et développements industriels et académiques dans les domaines de l'intelligence artificielle distribuée (IAD) et des systèmes et composants distribués conduisent à la conception de nouveaux systèmes facilitant les interactions entre agents [14]. Ces agents, représentant des « entités qui agissent », peuvent être logiciels ou humains, et composent des organisations. Dans l'article, nous nous focalisons sur les agents logiciels. Plus ou moins « intelligents » (au sens de l'intelligence artificielle), ils se caractérisent particulièrement par leur capacité d'autonomie, d'adaptation, de communication ou encore de coordination. Dans cet article, par manque de

place, nous ne reviendrons pas sur les aspects fondamentaux des agents décrits dans de nombreux ouvrages et articles [11, 23].

On s'oriente progressivement vers de nouvelles problématiques liées à la conception et à l'évaluation de ces systèmes multi-agents (SMA), qui trouvent leur place de plus en plus dans les entreprises (intelligence économique [2, 12], simulation, en particulier de trafic [8, 10], ordonnancement distribué d'atelier et aide à la décision [41]...), mais aussi dans la vie de tous les jours (systèmes d'information personnalisés destinés au grand public, recherche d'information sur Internet à base d'agents logiciels...).

Dans ce contexte, cet article, basé sur [13] pour ce qui est des définitions et descriptions techniques, vise à mettre en avant des nécessités et des pistes de réflexion à l'attention des ergonomes, membres actuels ou futurs/potentiels d'équipes de conception de systèmes multi-agents. Il se compose de trois parties. La première partie propose une classification des agents. Dans la seconde partie, des pistes de réflexion sont avancées concernant des attentes vis-à-vis des agents à partir du moment où un système interactif exploitant des agents est envisagé. Dans la troisième partie, en se basant sur trois domaines d'application récents dans lesquels les agents peuvent avoir une part active, des pistes de réflexion sont également soulignées.

CLASSIFICATION DES AGENTS [13]

Les agents peuvent être classés selon leurs degrés d'autonomie, de coopération et d'adaptation, caractéristiques généralement considérées comme principales en IAD [1] : (1) quand l'agent a un but à atteindre, il doit être suffisamment autonome pour pouvoir prendre des initiatives pour atteindre ce but ; (2) pour que l'ensemble des agents constitue un système cohérent, chacun d'entre eux doit avoir un certain degré de coopération ; (3) 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'ac-

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 SMA [7] : les agents réactifs (au comportement basé sur les stimuli réponses) et les agents cognitifs (au comportement plus "réfléchi", c'est-à-dire résultant 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. Plusieurs types d'agents cognitifs peuvent être distingués, en particulier :

- Les agents *intelligents* combinent les trois caractéristiques (autonomie, coopération, adaptation) à leur plus haut niveau. Ils sont donc en principe capables de planifier leurs actions, de négocier avec d'autres agents et d'acquérir ou de modifier leurs connaissances. Ils sont en général dotés de la capacité d'apprentissage [18].

- Les agents *collaborants* [27] : ce sont des agents cognitifs non apprenants ; on considère qu'ils sont à la fois fortement autonomes et coopérants, mais peu adaptatifs. Ils 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 [19].

- Les agents *d'interface* [16, 20] (appelés aussi agents *assistants* [22]) : ils ont pour mission de capturer les actions de l'utilisateur (clavier, souris, à terme : voix, gestes, expression du visage), ceci afin de le conseiller vis-à-vis de son activité, ou de modifier l'aspect de l'interface selon le plus souvent un schéma de règles préétablies [21]. Dans l'état actuel des recherches, ces agents possèdent en général une capacité de coopération limitée ; ils sont principalement utilisés pour l'assistance à l'utilisateur dans le cas d'interfaces aux fonctionnalités nombreuses et complexes (par exemple, dans certaines suites bureautiques), mais également dans le domaine des systèmes tuteurs intelligents afin de faciliter l'apprentissage humain.

- Les agents *d'information* [30, 32] : 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 (au sens de l'Intelligence Artificielle Distribuée) ; 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, un agent d'information (au sens pur du terme) devrait posséder une grande autonomie, en étant capable d'agir

seul, soit en fonction d'un calendrier, soit en fonction d'un manque d'information, soit en fonction d'une nouvelle disponibilité d'information ; il doit être capable d'adapter son comportement selon les besoins de l'utilisateur ou de la quantité ou pertinence de l'information. Notons que dans le cas d'une recherche d'information par groupe d'agents, s'il n'y a pas de coordination au sein du groupe, il y a un risque de redondance dans certaines informations rapatriées, source de problème ergonomique.

La figure 1 positionne globalement ces différents types d'agents cognitifs selon leurs degrés d'autonomie, d'adaptation et de coopération.

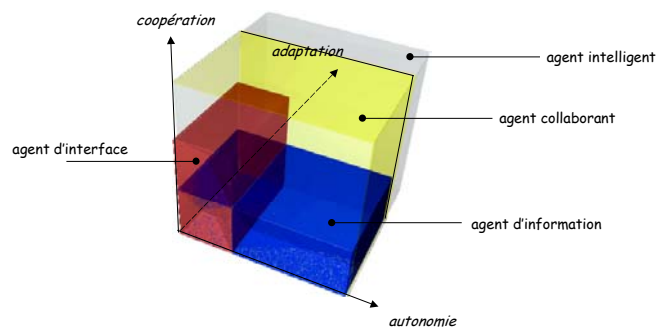


Figure 1 : Classification des principaux agents cognitifs [13]

ATTENTES VIS-A-VIS DES AGENTS – PISTES DE REFLEXION

Le terme *agent* est de plus en plus utilisé pour décrire certaines formes d'intelligence intégrées ou susceptibles d'être intégrées aux fonctions ou composants des systèmes. 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. A partir de là, il devient possible d'en déduire plusieurs pistes de réflexion pour les ergonomes.

L'intelligence attendue de la part des agents peut se décrire par un ensemble de services que ceux-ci sont supposés offrir. 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. Parmi les services susceptibles d'être offerts, citons :

- *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. section Assistance à l'interaction avec un logiciel).

Pistes de réflexion : l'ergonome peut-il décider du moment où une action devient répétitive (notion de seuil) ? Peut-on mettre en évidence une corrélation entre la notion d'action répétitive et la typologie des utilisateurs ? En ergonomie, il existe un ensemble de méthodes d'analyse du travail [38, 39, 40]. Faut-il adapter celles-ci ? Faut-il introduire ces notions dans de nouvelles méthodes d'analyse, ou des méthodes d'analyse dans des contextes à base d'agents ?

– *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, mis en avant plus loin.

Pistes de réflexion : l'ergonome peut-il adapter ses méthodes d'analyse pour mettre en évidence des indices déterminants devant être exploités par les agents ? Peut-on mettre en avant des patterns (historique d'action) suite à l'analyse, qui pourraient être utiles aux agents pour comprendre certains contextes ?

– *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. plus loin).

Pistes de réflexion : nous ne sommes pas vraiment dans un contexte classique de répartition de tâches (statique ou dynamique) entre opérateur et calculateur [26, 35], puisque ici on peut être en présence d'un groupe d'agents, dont le nombre peut s'avérer élevé (l'analyse peut être alors facilitée si les agents peuvent être considérés sous forme d'agrégats comme dans [1]) et qui peuvent déléguer des tâches entre eux selon leur disponibilité ou compétence ; on a donc besoin d'une méthode d'analyse visant une répartition dynamique basée sur des critères évolutifs.

– *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. La forme d'interaction at-

tendue avec l'agent concerné s'apparente avec l'interaction que peut avoir l'utilisateur avec un(e) secrétaire ou un collègue virtuel, avec lequel on discute et coopère [3,6, 29].

Pistes de réflexion : alors que de nombreuses recherches ont porté depuis les années 80 sur l'adaptation d'un système interactif à un utilisateur [17, 34], on doit s'intéresser ici à l'adaptation potentielle de plusieurs systèmes interactifs (à base d'agents) à l'utilisateur ou à chaque membre d'un groupe d'utilisateurs (ou organisation). Peut-on généraliser facilement les méthodes d'analyse ? Peut-on définir des critères de choix d'interaction avec l'utilisateur (ou profil d'utilisateur) selon tel ou tel mode ? Notons qu'une perspective consiste en la constitution de bibliothèques de modèles d'agents aux *profils interactionnels* variés, à l'usage des concepteurs.

– *une interactivité basée sur des représentations animées anthropomorphes* : de nouvelles formes d'interaction sont recherchées, en utilisant de petits personnages interactifs par exemple. Ainsi, les *guides du web* (tels que les appelle Hayes-Roth [15]), sont des représentations animées anthropomorphes chargées d'assister les utilisateurs dans leurs recherches sur le web. Ces guides personnels visent à instaurer 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.

Pistes de réflexion : ces nouveaux moyens d'interaction apportent-ils réellement une amélioration au dialogue homme-machine ? Leur utilité est-elle liée à certains contextes d'interaction ? Il est sans doute nécessaire de s'interroger également sur leur acceptation par les utilisateurs. Ces propositions débouchent sur de nouveaux problèmes liés à leur conception et leur évaluation, et devraient sans doute être liées à des méthodes adaptées.

– *une personnalisation de l'information* : des recherches actuelles visent à fournir aux agents des capacités de personnalisation de l'information délivrée, qui doit être avant tout nécessaire et pertinente, en réponse à des requêtes particulières, récupérée éventuellement parmi des grandes masses d'information, disparates (le plus souvent disponibles sur Internet). Au service des utilisateurs, les agents doivent alors s'organiser pour récupérer les informations en question. La personnalisation peut s'effectuer selon différents critères, tels que les préférences, buts et capacités de l'utilisateur [28].

Pistes de réflexion : la personnalisation n'est pas possible sans une modélisation fine de l'utilisateur, ni sans des capacités d'apprentissage automatique ou semi-automatique. Faut-il des méthodes d'analyse centrées sur la notion de personnalisation ? Dans quelle mesure ces méthodes doivent-elles considérer

le fait que des agents seront au service de cette personnalisation ?

– une *adéquation aux systèmes en réseau* : en tant qu'entités autonomes, on considère généralement que les agents sont bien adaptés à la structuration et l'exploitation de systèmes physiquement distribués, avec éventuellement des visées de processus de travail, plus ou moins structurés. Des utilisateurs (de niveaux d'expérience et de connaissance différents) peuvent donc aussi être positionnés par rapport à ceux-ci, par exemple dans un contexte de processus de type workflow [1, 33]. Ainsi, les agents, s'ils sont distribués et localisés sur des nœuds du réseau, peuvent être prévus pour permettre alors l'assistance aux acteurs du réseau (qualifié souvent de coopératif) ou le traitement de certaines activités par exemple.

Pistes de réflexion : dans les méthodes des ergonomes, les postes de travail concernés par les tâches humaines sont analysés. Faut-il adapter ces méthodes pour que les tâches agents soient aussi analysées ? Et dans ce cas, les critères d'analyses seront-ils différents ? Faudra-t-il à terme mettre sur un pied d'égalité (ou presque) sous l'angle des tâches les acteurs humains et logiciels ? (voir à ce sujet [4]).

EXEMPLES DE DOMAINES D'APPLICATION ACTUELS – PISTES DE REFLEXION

Plusieurs domaines d'application actuels bénéficient de services qui ont pu effectivement être réalisés à l'aide des agents [24]. Dans cette partie, comme dans [13], nous en sélectionnons trois : l'assistance à l'interaction avec un logiciel, la recherche d'informations sur le web et le commerce électronique. A partir de ceux-ci, des pistes de discussion sont soulignées.

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. S'exécutant en tâche de fond, ils peuvent se situer à divers niveaux d'abstraction des données manipulées :

- Un agent qualifié *d'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. A titre d'exemple, le *System Agent* (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, et ainsi d'aider un utilisateur ne connaissant pas les outils de gestion d'un système.

Pistes de réflexion : la méconnaissance de l'outil informatique peut induire des comportements utilis-

teurs erronés. Par exemple, ne connaissant pas la signification d'une défragmentation du disque dur, un utilisateur peut requérir cette tâche de manière excessive. Comment faire pour que les utilisateurs soient capables d'apprendre au contact de tels agents ? L'aspect pédagogique ne doit-il pas devenir un critère de conception essentiel dès lors que l'agent interagit avec l'utilisateur ?

- Des agents (qualifiés d'agents d'application, d'agents de suite bureautique...) peuvent jouer un rôle d'intermédiaire entre l'utilisateur et le logiciel (l'application), ce dernier pouvant correspondre à une suite logicielle, tels les agents d'assistance de Microsoft, les SmartAssistant de Lotus, ou Expert de MacOS. Avec une visée d'assistance, ils réunissent des informations concernant une tâche spécifique (le plus souvent la tâche en cours), et proposent une méthode pour résoudre le problème détecté par l'utilisateur (ou eux-même), via une interface de dialogue : par exemple comment paginer un document, comment modifier un graphique. Ils peuvent agir sous certaines conditions prédéfinies par l'utilisateur. Ils peuvent aussi potentiellement personnaliser 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 (courrier électronique, calendrier, outils de traitement de texte, de dessin, tableur...) et transmettre si nécessaire des informations de l'une dans l'autre.

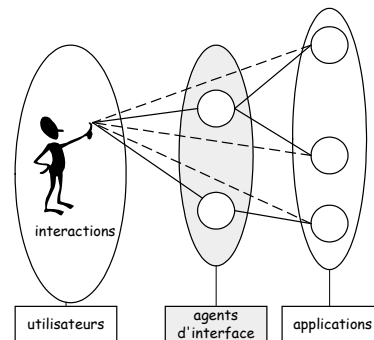


Figure 2 : Exemple d'utilisation d'agents d'application ou de suite bureautique

La figure 2 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, se contentant de jouer le rôle d'interface entre une ou plusieurs applications en ce qui concerne des tâches complexes (Cf. traits pleins sur la figure 2). L'utilisateur peut se passer de ces assistants et continuer à interagir directement avec les applications (cf. traits pointillés).

Pistes de réflexion : on retrouve dans cette problématique le critère classique d'adaptation au niveau de l'utilisateur [5], à son niveau de compétence (voir aussi les recherches menées depuis plusieurs années par N. Carbonnel sur la notion d'aide). Les recherches menées sur la notion d'aide en général peuvent-elles être transposées directement à ces nouvelles aides apportées par des agents ? Doivent-elles faire l'objet d'adaptations ?

Recherche d'information sur le web

La recherche d'information sur Internet constitue un domaine de recherche et de développement très actif, dans lequel le concept de personnalisation de l'information est particulièrement étudié et mis en application. Il s'agit de s'orienter progressivement vers des services supérieurs aux simples moteurs de recherche classiques [9], le plus souvent en exploitant certains avantages des agents intelligents. A ce sujet, la figure 3 propose une classification des systèmes de recherche d'informations à base d'agents intelligents, ordonnée selon le degré de personnalisation de l'information fournie à l'utilisateur ; on y retrouve deux catégories, selon que la personnalisation est réalisée de manière passive ou active :

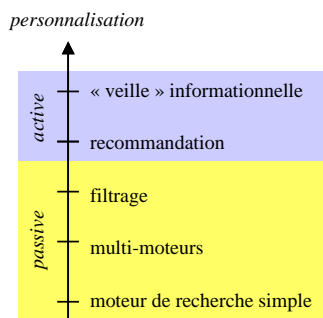


Figure 3 : Niveaux de personnalisation de l'extraction d'information [31]

- La personnalisation est qualifiée de *passive* si le système répond à une demande explicite de l'utilisateur. On retrouve dans cette catégorie certains agents moteurs de recherche (par exemple Altavista), capables de répondre à des requêtes de l'utilisateur sous forme de mots-clés. Des agents, tel Copernic, sont aussi capables de lancer plusieurs moteurs en même temps. A un niveau supérieur, les agents *filtres*, tels Cognisoft ou Autonomy Knowledge Server, sont capables de fournir une information en fonction d'une liste de préférences établie *a priori*, et/ou éventuellement capables de comprendre les centres d'intérêts des utilisateurs.

- La personnalisation est qualifiée d'*active* quand le système prend l'initiative, et recommande de nouvelles sources d'information susceptibles d'intéresser l'utilisateur (sans nécessairement de demande explicite

de la part de l'utilisateur), même s'ils ne correspondent pas exactement aux mots-clés entrés par celui-ci. Par exemple, le système Letizia [22] enregistre les URLs choisies par l'utilisateur, lit les pages et dessine un profil de l'utilisateur au fur et à mesure de la visite des pages ; à partir du profil, il recherche d'autres pages susceptibles de l'intéresser et lui présente par la suite ses résultats. De manière générale, il s'agit de faire en sorte que la recherche d'informations se fasse sous forme de *veille*, cette responsabilité étant déléguée à l'agent par l'utilisateur.

Pour les agents, l'acquisition de nouvelles connaissances peut se faire selon différentes méthodes : (1) manuellement (l'utilisateur juge de ce qui l'intéresse ou non, à partir de listes de thèmes ou de sites web, et le valide sur écran) ; 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 (l'agent observe les activités de l'utilisateur pour enrichir le modèle qu'il s'en fait).

Pistes de réflexion : pour les agents *filtres*, ou lorsque la personnalisation est active, on voit apparaître une nécessité de modélisation des besoins de l'utilisateur, en lien le plus souvent avec des ontologies. Pour la conception de tels systèmes, il est donc nécessaire de pouvoir se baser sur des méthodes exploitant finement ces notions.

De plus, il est de plus en plus indispensable de se baser sur des méthodes d'apprentissage automatique pour dessiner le profil utilisateur [37]. Il en existe déjà une batterie dans la littérature, qu'il est possible de combiner, d'adapter. Les recherches sont très actives à ce sujet. Il est clair qu'on se dirige vers la nécessité de méthodes de conception et d'évaluation de systèmes possédant des capacités d'apprentissage.

En outre, pour que les agents de recherche soient le plus efficace possible, il s'agit que les faire travailler en groupe, avec toutes les difficultés conceptuelles et méthodologiques qui en découlent.

Commerce électronique

Avec les progrès des technologies de l'information, des SMA et des places de marchés électroniques, le besoin d'agents logiciels capables de négocier avec les autres à la place de leur utilisateur devient de plus en plus important. Le commerce électronique a été défini par Zwass [42] comme étant le partage d'informations commerciales, le maintien des relations commerciales et la conduite de transactions commerciales au travers de réseaux de télécommunication. Il repose donc sur la structure d'un réseau coopératif où certains agents, situés sur les nœuds, doivent négocier avec d'autres agents, c'est-à-dire échanger des propositions et revendications jusqu'à l'obtention d'un accord commun.

Ainsi, l'utilisateur n'accède pas directement aux différents magasins (figure 4), mais délègue la tâche de rechercher le meilleur prix d'un produit à un agent "acheteur" chargé de négocier avec différents agents "vendeurs". Le processus de négociation a pour objectif de converger vers des solutions optimisant les gains des différents intervenants.

Il faut souligner que le nombre de communications lors du processus de négociation peut être très important ; c'est pourquoi de nouvelles architectures font l'objet de recherches actives. Par exemple, Sim et Chang proposent un système multi-agent pour le commerce électronique exploitant cinq types d'agents : (1) les *agents acheteurs* jouent le rôle d'interface entre l'utilisateur et le système ; (2) les *agents vendeurs* jouent le rôle d'interface entre les vendeurs et le système ; (3) les *agents courtiers* établissent des connections entre agents acheteurs et agents vendeurs ; (4) les *agents enregistreurs* enregistrent l'historique des actions des utilisateurs, ainsi que leurs profils ; (5) 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 [36].

Notons que les processus de négociation automatique font l'objet de recherches actives. Par exemple, Mathieu et Verrons [25] proposent un mécanisme générique de négociation qu'ils instancient dans le cadre de différentes applications, telles que la prise de rendez-vous ou la gestion d'emplois du temps.

Pistes de réflexion : en ce qui concerne l'interaction avec l'utilisateur, le point clé des agents pour le commerce électronique est encore la détection et l'apprentissage de son profil. Du point de vue de l'utilisateur acheteur, cela devrait permettre d'obtenir des réponses plus adaptées à ses demandes (par exemple, une énième recherche concernant des maisons pourrait s'orienter automatiquement sur les préférences de l'utilisateur, identifiées lors des recherches précédentes, telles que : trois chambres, jardin de 300 m2 minimum, 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. Il nous semble que ce nouveau domaine, par ses spécificités, nécessite certainement des méthodes d'analyse, conception et évaluation adaptées, sous l'angle de leur ergonomie.

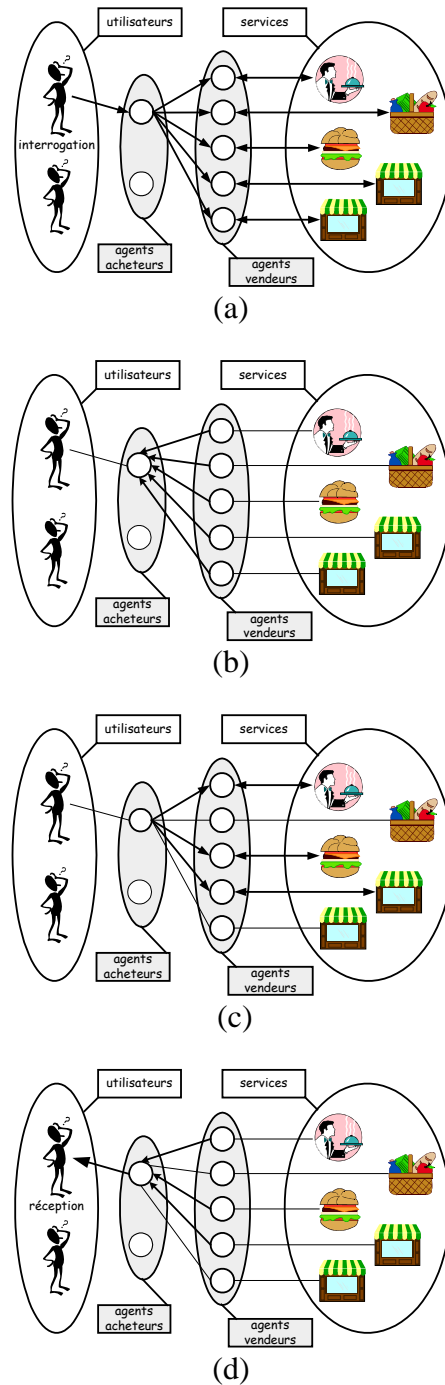


Figure 4 : Exemple de négociation entre agents destinés au commerce électronique [13]

- (a) L'utilisateur recherche un plat et s'adresse à un agent acheteur qui se met en relation avec des agents vendeurs reliés à des BD 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 rappro-

cher 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.

CONCLUSION

Dans cet article, nous avons souligné l'importance croissante apportée aux nouvelles approches à base d'agents, de systèmes multi-agents ; nous nous sommes focalisés ici sur les systèmes en interaction avec un ou plusieurs utilisateurs.

La conception de systèmes exploitant ces nouvelles approches doit se baser sur des méthodes de conception et d'évaluation adaptées (considérant des notions de coopération, d'autonomie, d'adaptation...), comme il a fallu mettre au point, depuis la fin des années 80, des méthodes adaptées pour l'analyse et la conception de systèmes orientés objets. Des méthodes complètes, considérant explicitement l'utilisateur (ou les utilisateurs) n'existent pas encore. Quelques pistes de réflexion ont été proposées à ce sujet dans cet article, mais il reste de nombreuses recherches à mener pour arriver à de telles méthodes, et qu'elles soient véritablement utiles et utilisables...

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient René Mandiau et Christelle Petit-Rozé qui, par leurs écrits et par de nombreuses discussions, ont contribué à certaines idées citées dans cet article. Les auteurs remercient également la région Nord-Pas-de-Calais et le FEDER pour leur support apporté à cette réflexion, ainsi que les acteurs du projet NIPO.

BIBLIOGRAPHIE

1. 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.
2. Adam E., Vergison E., Mandiau R., Kolski C. Interaction with agent systems for technological watch. In M.J. Smith, G. Salvendy, D. Harris, R. Koubek (Ed.), *Usability evaluation and Interface design: Cognitive Engineering, Intelligent Agents and Virtual Reality, volume 1*. (pp. 489-493). London: Lawrence Erlbaum Associate Publishers.
3. Amiel V., Terrier P., Poulain G., Cellier J.M., Construction et évolution des représentations mentales lors des premières utilisations d'un service de dialogue en langage naturel. Proceedings of IHM 2002, International Conference proceedings Series, ACM, Poitiers, France, 2002.
4. Boy G., *Cognitive Functions Analysis*, NY Ablex, 1998.
5. Bastien C., Scapin D., *Ergonomic criteria for the evaluation of human-computer interfaces*, Rapport technique INRIA, Rocquencourt, 1993.
6. Boy G. *Intelligent Assistant Systems*. Academic Press, London, 1991.
7. 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.
8. Champion A. *Mécanisme de coordination multi-agent fondé sur les jeux : application à la simulation comportementale de trafic routier en situation de carrefour*. Thèse de doctorat en informatique, université de Valenciennes et du Hainaut-Cambrésis, décembre 2003.
9. Delgado J.A.R. Agent-based information filtering and recommender systems. Ph.D. Thesis, Institute of Technology, Nagoya Japan, 2000.
10. Espié S. Approche multi-acteur dans la simulation de trafic. In Mandiau R., Grislin-Le Strugeon E., Pépinou A. (Eds.), *Organisation et applications de systèmes multi-agents*, Editions Hermes, Paris, pp. 259-278, 2002.
11. Ferber J. *Les systèmes multi-agents, vers une intelligence collective*. IIA, Paris : InterEditions, 1995.
12. Gallez F., Vergison E. L'intelligence compétitive dans les entreprise. In Mandiau R., Grislin-Le Strugeon E., Pépinou A. (Eds.), *Organisation et applications de systèmes multi-agents*, Editions Hermes, Paris, pp. 345-358, 2002.
13. Grislin-Le Strugeon E., Adam E., Kolski C. (2001). Agents intelligents en interaction Homme-Machine dans les Systèmes d'information. Chapitre 7, dans *Environnements évolué et évaluation de l'I.H.M., Interaction Homme-Machine pour les S.I. 2*, C. Kolski (Ed.), Editions HERMES, Paris, pp. 209-248.
14. Grislin-Le Strugeon E., Peninou A., Kolski C. 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.
15. Hayes-Roth B. et al. Web guides. *IEEE Intelligent Systems*, March/April, pp. 23-27, 1999.

16. Koda T. *Agents with Faces: A Study on the Effects of Personification of Software Agents*. M.S. Thesis, Massachusetts Institute of Technology, 1996.
17. Kolski, C., Le Strugeon, E. A review of intelligent human-machine interfaces in the light of the ARCH model. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 10 (3), pp. 193-231, 1998.
18. Kuflik T., Shoval P. User Profile Generation for Intelligent Information Agents –Research in Progress. *Proceedings of the Conference on Advanced Information Systems Engineering*, CaiSE'00, Stockholm, Suède, 2000.
19. 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.
20. 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.
21. Laurel B. Interface Agents : Metaphors with Character. In *Software Agent*, J. Bradshaw (Ed.), AAAI Press, p. 67-77, 1997.
22. 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.
23. 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.
24. Mandiau R., Grislin-Le Strugeon E., Péninou A. (Eds.) (2002). *Organisation et applications de systèmes multi-agents*. Editions Hermes, Paris.
25. Mathieu P., Verrons M.H. A generic Negotiation Model for Multi-Agent Systems Using XML. *Proceedings 6th International Conference on Electronic Commerce Research ICECR-6*, October 23-26, Dallas, USA, 2003.
26. Millot P., *Supervision des procédés automatisés et ergonomie*, Éditions Hermes, Paris, 1988.
27. Nwana Hyacin S. Software Agent : an overview. *Knowledge Engineering Review*, vol. 11, n° 3, p. 205-244, 1996.
28. Petit-Rozé C. *Organisation multi-agents au service de la personnalisation de l'information, application à un système d'information multimodale pour le transport terrestre de personnes*. Thèse de doctorat, Université de Valenciennes et du Hainaut-Cambrésis, décembre, 2003.
29. Ramos M.P. *Structuration et évolution conceptuelles d'un agent assistant personnel dans les domaines techniques*. Thèse d'université, Université Technologique de Compiègne, 2000.
30. Rhodes J. *Just-In-Time Information Retrieval*. Ph.D. Thesis, MIT Media Lab, 2000.
31. Roze C., Grislin-Le Strugeon E., Abed M., Uster G., Kolski C. Recherche d'informations personnalisées. *Actes de la Conférence Internationale NîmesTIC 2000 Ingénierie des Systèmes et NTIC.*, Nîmes, France, 2000.
32. Rus D., Gray R. et Kotz D. Transportable Information Agent, *Journal of Intelligent Information systems*, vol. 9, n° 3, p. 215-238, 1997.
33. Schael T. *Théorie et pratique du workflow. Des processus métiers renouvelés*. New-York : Springer Edition, 1997.
34. Schneider-Hufschmidt M., Kühme T., Malinkowski U. (Eds.). *Adaptive User Interfaces*. North Holland, 1993.
35. Sheridan, T.B. Task allocation and supervisory control. In M. Helander (Ed.), *Handbook of Human-Computer Interaction*, Elsevier Science Publishers B.V., North-Holland, 1988.
36. Sim K.W., 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.
37. Soltysiak S.J., 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.
38. Sperandio J.C. Les méthodes d'analyse du travail en psychologie ergonomique. In *La recherche en psychologie (domaines et méthodes)*, J.P. Rossi (Ed.), Bordas, Paris, 1991.
39. Sperandio J.C. *L'ergonomie dans la conception des projets informatiques*. Octarès, Toulouse, 1996.
40. Theureau J. *Le cours d'action : analyse sémio-logique Essai d'une anthropologie cognitive située*. Edition Peter Lang, Berne, 1992.
41. Trentesaux D., Tahon C. Ordonnancement distribué dans les ateliers flexibles. In Mandiau R., Grislin-Le Strugeon E., Péninou A. (Eds.), *Organisation et applications de systèmes multi-agents*, Editions Hermes, Paris, pp. 293-305, 2002.
42. Zwass V. Electronic Commerces: Structures and Issues. *International Journal of Electronic Commerce*, vol. 1, n°1, p. 3-23, 1996.