



Le rôle des **agents** **intelligents** sur l'internet

Révolution ou évolution commerciale?

Dans l'avenir, les consommateurs pourront bénéficier sur l'internet de l'aide d'agents électroniques. Ces derniers aideront principalement les consommateurs dans une étape de recherche de produits, de sélection des vendeurs et de négociation des termes d'une transaction. Dans cet article, nous présentons le concept d'agent électronique et nous discutons les différentes applications des agents dans le domaine commercial. Nous soulignons les limites des agents existants et proposons certaines pistes de recherche pour améliorer leur fonctionnement.

Le commerce électronique est un mode de vente à distance qui prend aujourd'hui un nouvel essor avec le développement de l'internet. En effet, si des moyens de communication tels que le téléphone, la télévision ou le Minitel, en France, permettent depuis longtemps l'existence d'un tel commerce, ces dernières années ont été marquées par la montée en puissance de l'internet, lequel tend peu à peu à s'imposer comme le média commercial du futur. Ce dernier possède de nombreux atouts par rapport à des médias traditionnels. En particulier, l'internet est caractérisé par une couverture mondiale pour un faible coût d'accès, un environnement multimédia qui permet une grande interactivité et une relative simplicité d'utilisation (Lorentz, 1998). Il n'est donc pas étonnant qu'il soit appelé à devenir un support commercial incontournable non seulement pour les échanges interentreprises (*Business to Business*) mais également pour les échanges entre les entreprises et les consommateurs (*Business to Consumer*). L'apparition de cette dernière forme de commerce, qui remonte à l'année 1993 (www.activmedia.com), est d'ailleurs la

plus médiatisée et la plus spectaculaire. En effet, sa croissance mondiale a été extrêmement rapide et en 2001 on pouvait estimer à environ 96 milliards de dollars le montant des achats effectués par des consommateurs sur l'internet (www.forrester.com). Le développement du commerce B to C sur le réseau repose sur un ensemble d'atouts inégalés par les médias traditionnels. En particulier, les consommateurs peuvent désormais accéder facilement, pour un coût de connexion modique, à une multitude de vendeurs et de produits. Dans ce cadre, les acheteurs en ligne bénéficient de gains de temps considérables tout en pouvant prendre des décisions d'achat plus réfléchies et répondant mieux à leurs besoins. Dans les années à venir, la démocratisation de l'utilisation d'agents électroniques (agents intelligents ou agents logiciels) est susceptible d'accentuer encore plus les avantages de cette nouvelle forme de vente à distance du point de vue des consommateurs (Alba *et al.*, 1997; West *et al.*, 1999).

Les *agents électroniques* représentent une famille relativement large d'applications logicielles présentes dans les ordinateurs et les réseaux afin d'assister les utilisateurs dans la réalisation de certaines tâches. En connaissant, même partiellement, les intérêts, les habitudes et/ou les préférences de leurs utilisateurs, les agents peuvent coopérer avec eux de façon à jouer un rôle d'assistants virtuels. Ces logiciels sont capables de prendre des initiatives, de faire des suggestions, voir même d'agir à la place d'un utilisateur. Dans ce cadre, leur présence sur l'internet peut constituer un facteur moteur dans le développement du commerce électronique. Bien évidemment, les agents électroniques ne vont pas remplacer la naviga-

tion. Cependant, ils peuvent faciliter la collecte d'information et les prises de décision d'achat des consommateurs. Lorsqu'ils désirent procéder à un achat sur l'internet, les consommateurs sont souvent confrontés à un excès d'information. En effet, l'analyse et la comparaison de la multitude d'offres commerciales présentes sur les sites marchands demande des capacités cognitives qui dépassent largement celle d'un être humain. Ainsi, si certains consommateurs souhaitent effectivement trouver une sélection exhaustive d'offres, cette sélection doit pouvoir être filtrée selon plusieurs critères de leur choix de manière à ce qu'ils puissent analyser facilement les propositions correspondant le mieux à leurs attentes. Sur l'internet, cette fonction de réduction de la complexité d'une décision d'achat peut être dédiée à un agent électronique. En effet, plutôt que d'être obligé de parcourir des listes entières de sites de vente pour identifier un produit adapté à ses besoins, un consommateur peut demander à un agent d'effectuer une recherche à sa place. Il pourra ainsi bénéficier de temps pour d'autres activités et revenir consulter l'agent ultérieurement pour trouver l'information désirée. Sur l'internet, les consommateurs vont pouvoir disposer d'assistants d'achat qui connaîtront leurs intérêts, leurs habitudes et/ou leurs préférences. La nécessité de recourir à des agents pour faciliter les transactions commerciales sur l'internet s'est traduite, ces dernières années, par un important effort de recherche concernant les différents fonctions qui pourraient leur être effectivement confiées (Wooldridge et Jennings, 1995; DeLong et Froomkin, 1998; Guttman *et al.*, 1998; West *et al.*, 1999). Notre article se situe dans cette voie de recherche.

Toute réflexion sur le rôle des agents électroniques dans le cadre des transactions commerciales doit avoir comme point de départ une définition du concept d'agent. Face au débat qui entoure l'émergence de la technologie « agent », nous arguons qu'une telle entité ayant pour but d'aider les consommateurs ne peut pas être assimilée à un simple programme. Nous défendons alors une notion d'agent électronique quelque peu différente de celle retenue en intelligence artificielle et nous présentons les différents attributs qu'un agent peut posséder lorsque son domaine d'application se trouve être le commerce électronique. Ces attributs rendent les agents particulièrement utiles pour des tâches touchant à la localisation, l'analyse et/ou le filtrage d'informations commerciales. Par conséquent, les agents électroniques peuvent permettre aux consommateurs de retranscrire en partie certaines étapes de leur processus d'achat du commerce traditionnel vers le commerce virtuel : évaluation des produits, évaluation de différentes offres commerciales ou bien encore la négociation des termes d'une transaction. Ces trois types de fonction assurées respectivement par des agents de recommandation, des agents de recherche ou des agents de transaction, ainsi que les différentes techniques sur lesquelles ils sont basés sont exposées dans cet article. Ces différents domaines d'application faisant encore l'objet de nombreuses

recherches, nous discutons les principales limites des agents existants et nous présentons certaines directions de recherche permettant d'améliorer leurs performances futures.

Notre article est structuré comme suit. Dans une première section, nous définissons le concept d'agent électronique. Dans une seconde section, nous analysons les différentes applications commerciales actuellement disponibles sur l'internet tout en discutant leurs limites et en présentant les améliorations principales qui pourraient leur être apportées.

I. – LE CONCEPT D'AGENT

Ces dernières années, le développement des nouvelles technologies de l'information, en particulier de l'internet, a permis de démocratiser le concept d'agent intelligent. Néanmoins, contrairement aux idées reçues, les agents intelligents ne sont pas une innovation récente (Revelli, 2000). En effet, depuis plus de quatre décennies, des chercheurs en intelligence artificielle ont entrepris la conception d'entités capables de raisonner de manière « intelligente » (Maes, 1999). Eliza, un agent de conversation¹ conçu en 1966 au Massachusetts Institute of Technology par le professeur J. Weizenbaum, est considéré comme l'un des plus anciens agents intelligents développés en intelligence artificielle (Revelli, 2000).

1. Les agents de conversation ont pour objectif de simuler une discussion avec un individu. Plus spécifiquement, l'agent Eliza fut créé pour simuler la conversation d'un psychologue avec son patient. Après quelques minutes de discussion, les limites de cet agent apparaissaient évidentes : mauvaise compréhension de l'information qui lui est transmise, erreurs grammaticales relativement grossières, manque de mémoire, etc. Bien qu'imparfait dans son fonctionnement, Eliza a ouvert la voie à un très grand nombre d'autres recherches qui ont considérablement amélioré les possibilités de discussion d'une entité électronique avec un être humain.

Bien que la création des premiers « agents intelligents » date des années soixante, les chercheurs en intelligence artificielle ne s'accordent pas encore aujourd'hui sur une définition commune (Foner, 1997; Jennings *et al.*, 1998). À l'heure actuelle, il existe presque autant de définitions proposées que de chercheurs travaillant dans ce domaine. D'un côté, certains d'entre eux rêvent d'un agent électronique assimilable à une entité vivante tandis que d'autres s'attachent à le définir comme un simple logiciel plutôt qu'un être. Selon le premier axe de recherche, les informaticiens ambitionnent de créer des machines capables d'égaliser l'être humain. Dans ce cadre, un agent électronique est défini comme un centre de décision autonome dont l'existence est comparable à celle d'un être vivant (Ferber, 1995). Pour répondre aux exigences d'une telle approche, les chercheurs s'attachent à doter un agent de connaissances, d'émotions et d'une capacité de raisonnement. Différentes méthodes pour juger de l'intelligence d'une machine ont été développées, la plus connue étant encore aujourd'hui le test de Turing². Mis à part quelques domaines d'application particuliers comme la reconnaissance vocale ou la robotique, ce courant de recherche est loin d'avoir atteint tous ses objectifs.

Ces dernières années, avec le développement de l'internet et des nouvelles technologies de l'information, certains chercheurs en intelligence artificielle ont renoncé à

créer des agents comparables aux êtres humains pour se concentrer sur l'aspect opérationnel des tâches qui pourraient leur être confiées. Cette approche radicalement opposée à la précédente a une vision purement instrumentale du concept d'agent. Par exemple, selon D. Eichmann (1994), un agent est un simple logiciel autonome conçu pour effectuer certaines tâches au nom de son utilisateur. Ainsi, tout logiciel qui automatise une tâche, qui fait du *push* d'information, qui synthétise des informations, etc. est assimilable à un agent.

Bien que les courants de pensées développés plus haut puissent se justifier par rapport à leur domaine d'application, un agent virtuel à vocation commerciale ne peut être assimilable à une entité vivante sans pour autant n'être qu'un simple programme. D'une part, les progrès réalisés en intelligence artificielle sont encore trop parcellaires pour « donner vie » à un agent électronique commerçant et il ne peut donc pas être comparé à une entité ayant une existence physique (à l'opposé d'un intermédiaire réel comme un conseiller financier, un agent de voyage, etc.). D'autre part, un agent doit effectuer des tâches au nom de son utilisateur en ayant, dans l'absolu, une forme de « conscience » de l'objectif qui lui est assigné et il n'est donc pas assimilable à un simple programme (à l'opposé d'un logiciel d'exploitation, de bureautique, etc.). En effet, pour atteindre l'objectif assigné par son

2. En 1950, un mathématicien anglais, A. Turing, a proposé une méthode pour juger de l'intelligence d'une machine. Désormais qualifiée de test de Turing cette méthode consiste simplement à savoir si un être humain conversant avec deux entités inconnues (un autre individu et une machine) est capable de reconnaître avec qui il dialogue. En d'autres termes, pour que le test de Turing soit validé, il est nécessaire que l'individu ne sache pas reconnaître la voix et la conversation d'une machine de celles d'un être humain. Dans ce cas, la machine peut être considérée comme « intelligente ».

utilisateur, un agent doit posséder certaines caractéristiques spécifiques. Dans notre étude, nous positionnons un agent électronique à l'interface des deux courants de recherche précédents en le définissant de la façon suivante :

« Un agent électronique est une entité logicielle capable d'agir de manière autonome dans le but d'accomplir un certain nombre de tâches au nom de son utilisateur et en fonction de ses intérêts. »

Cette définition met en avant les attributs principaux qui permettent de différencier un agent électronique d'un simple logiciel, à savoir l'autonomie, la capacité d'action et la communication. Nous détaillons ci-après ces différents attributs.

1. Capacité de communication

La définition retenue met en évidence le fait qu'un agent doit être une entité agissant au nom de son utilisateur et en fonction de ses intérêts. Afin d'effectuer certaines actions pour le compte de son utilisateur, un agent doit donc avant tout connaître précisément les intérêts et les attentes de ce dernier. Pour ce faire, un agent doit être doté d'une « capacité de communication » lui permettant de dialoguer avec l'utilisateur pour comprendre ses objectifs et ses contraintes. L'encodage des préférences de l'utilisateur se fait au travers d'une interface basée sur des capacités d'apprentissage et de raisonnement plus ou moins évoluées. Au mini-

mum, l'utilisateur doit pouvoir spécifier ses préférences sous la forme de simples règles. Par exemple, lorsqu'un nouveau livre sur le commerce électronique paraît, un agent peut avertir immédiatement un consommateur qui avait exprimé son désir d'en être informé. À un niveau plus évolué, un agent doit pouvoir apprendre. En étant doté d'un mécanisme de raisonnement, l'agent peut comprendre plus précisément les volontés de l'utilisateur, et planifier, en conséquence, les moyens à mettre en œuvre pour les satisfaire. Par exemple, si un lecteur a effectué de nombreux achats concernant des livres sur le commerce électronique, lors de la parution d'un nouvel ouvrage sur ce sujet un agent peut l'avertir sans aucune demande explicite de sa part. Quel que soit le mode de raisonnement d'un agent, celui-ci doit retranscrire les volontés d'un utilisateur sous une forme exploitable, à savoir une fonction objective. Cette fonction peut être plus ou moins complexe selon l'exploitation qu'un agent doit en faire.

2. Capacité d'action

En utilisant un logiciel ordinaire, l'interaction homme-machine correspond à un modèle de manipulation directe³ (Maes, 1997). Ce modèle correspond à une vision instrumentale des ordinateurs, ces derniers sont de simples entités passives qui exécutent les instructions de leurs utilisateurs. L'utilisation d'agents semi-autonomes

3. La manipulation directe signifie qu'un logiciel (par exemple, un éditeur de texte) effectue une action uniquement sur demande expresse de son utilisateur. Cette manipulation peut prendre la forme de la frappe d'une touche sur un clavier, du mouvement de la souris ou bien encore du toucher d'une partie d'un écran tactile (Maes, 1997). Prenons l'exemple d'un utilisateur qui fait appel à Word pour écrire un texte. Chaque fois que l'individu frappe la touche « A » du clavier, la lettre « a » apparaît sur l'écran. Si l'individu veut faire apparaître sur l'écran la lettre « A » en caractère majuscule il doit utiliser la combinaison de touches SHIFT+« A ». Dans le cadre de l'utilisation d'un logiciel de traitement de texte, il existe toujours une correspondance entre les actions de l'utilisateur et le texte qui apparaît à l'écran.

conduit à un nouveau paradigme de l'interaction homme-machine qui correspond désormais à un modèle de manipulation indirecte. Dans ce cadre, l'ordinateur est plus qu'un simple outil, il devient un assistant (Maes, 1997). En effet, contrairement aux logiciels ordinaires, un agent doit être capable non seulement de réagir aux requêtes qui lui sont formulées, mais également d'agir en fonction de l'environnement dans lequel il évolue. Dans la littérature, cette capacité d'action se traduit le plus souvent sur deux dimensions principales : un caractère « pro-actif » et une « continuité temporelle » (Jennings et Wooldridge, 1995). Ces deux caractéristiques permettent à un agent d'avoir une identité propre et de prendre des initiatives dans l'intérêt du consommateur sans attendre ses instructions.

3. Autonomie

Pour effectuer les tâches qui lui sont confiées, un agent doit avoir un certain degré d'indépendance par rapport à son utilisateur. Cette propriété d'autonomie est largement reconnue dans la communauté informatique comme étant une condition indispensable à un agent (Foner, 1997; Nwana, 1996; Wooldridge et Jennings, 1995). Le degré d'autonomie le plus faible correspond à un agent qui fonctionne de manière asynchrone pour réaliser une tâche relativement simple. Avec un degré d'autonomie plus élevé, l'agent peut interagir avec des bases de données (*data interactivity*), des applications (*application interactivity*) ou d'autres agents (*agent interactivity*). Concernant la capacité d'interaction entre agents, la capacité de collaboration est une autre caractéristique fréquemment citée dans la littérature. Pour

certaines applications décentralisées, un agent peut avoir, non seulement, à interagir avec d'autres agents, mais également, à collaborer avec eux de manière à réaliser un objectif commun (Rosenchein et Zlotkin, 1994).

La mobilité (Etzioni et Weld, 1995) est une propriété additionnelle, non indispensable, permettant également de faciliter les interactions. Un agent mobile peut se déplacer sur la plate-forme où sont situées les données et il peut ainsi fonctionner sans nécessiter une connexion continue avec son utilisateur. Par ailleurs, la mobilité des agents permet de diminuer l'utilisation de la bande passante du réseau et de partager des ressources entre des ordinateurs d'une manière plus performante. Malgré les problèmes de sécurité et de confidentialité qu'elle génère, la mobilité rend les agents particulièrement utiles pour des applications Internet (Vulkan, 1999).

II. – LES APPLICATIONS COMMERCIALES DE LA TECHNOLOGIE AGENT

Afin de présenter les applications commerciales existantes des agents électroniques, nous nous référons à la tâche principale effectuée par ceux-ci pour le compte des consommateurs. La taxinomie que nous utilisons est similaire à celle de Guttman *et al.* (1998). Elle utilise comme critère de classification l'étape du processus d'achat du consommateur sur lequel les agents interviennent. Plus précisément, des agents électroniques peuvent agir au nom des consommateurs dans une étape d'évaluations personnalisées, dans une étape de filtrage et de recherche d'information et dans une étape de définition des termes d'une tran-

Tableau 1	
LES DIFFÉRENTS ATTRIBUTS D'UN AGENT LOGICIEL	
Attributs	Références
<i>Capacité de communication</i>	
<p>Pour définir son objectif, un agent doit être capable de dialoguer avec son utilisateur. L'agent doit être capable de comprendre et/ou d'accepter les requêtes de son utilisateur.</p> <p><i>Adaptabilité.</i> Un agent doit être capable de modifier sa communication en fonction de connaissances acquises ou accumulées sur son utilisateur.</p> <p><i>Personnalité.</i> Un agent doit être capable d'exprimer des émotions pour faciliter la communication avec les êtres humains.</p>	<p>Foner (1997) Jennings et Wooldrige (1995) Nwana (1996)</p>
<i>Capacité d'action</i>	
<p>Un agent est capable de définir ses actions et son état interne.</p> <p><i>Proactif.</i> Un agent doit être capable de définir lui-même certaines des actions qu'il doit entreprendre. En d'autres termes, ses actions ne sont pas entièrement pré-établies et prédéfinies.</p> <p><i>Continuité temporelle.</i> Un agent doit exister de manière continue. Autrement dit, un agent n'exécute pas seulement un simple calcul mais il possède une mémoire et une rationalité qui peuvent lui permettre d'apprendre.</p>	<p>Foner (1997) Etzioni et Weld (1995) Jennings et Wooldrige (1995) Nwana (1996)</p>
<i>Autonomie</i>	
<p>Un agent doit pouvoir fonctionner sans l'intervention directe et continue de l'utilisateur. L'agent contrôle seul ses actions et son état interne.</p> <p><i>Mobilité.</i> Un agent peut utiliser des ressources disponibles sur d'autres architectures et plates-formes (<i>remote procedure calls</i>), il peut se répliquer (<i>download codes</i>) ou il peut se déplacer d'un ordinateur à un autre (<i>process migration</i>).</p> <p><i>Capacité de collaboration.</i> Un agent peut interagir avec d'autres agents pour réaliser un objectif commun.</p>	<p>Etzioni et Weld (1995) Jennings et Wooldrige (1995) Gilbert (1996) Vulkan (1999) Rosenschein et Zlotkin (1994)</p>

saction. Ces trois principaux rôles correspondent respectivement aux étapes⁴ de recherche du produit, de recherche du vendeur et, pour les consommateurs, de conclusion d'une transaction. Ainsi, nous allons successivement présenter dans cette section, les agents de recommandation de produit, les agents de recherche d'information et les agents de transaction. Pour

chaque catégorie d'agent, nous discutons leurs principales limites tout en soulignant les améliorations qui pourraient leur être apportées.

1. Les agents de recommandation

Les agents de recommandation se trouvent le plus souvent sur le site d'un vendeur et ils permettent de conseiller les consommateurs

Tableau 2
LES APPLICATIONS COMMERCIALES DES AGENTS INTELLIGENTS
SUR L'INTERNET

Étapes du comportement d'achat du consommateur	Rôles des agents	Applications existantes
<i>Recherche du produit</i>		
Le consommateur détermine quel produit acheter en évaluant l'information collectée sur chaque produit.	Sur la base de critères fournis par un consommateur (prix, caractéristiques du produit), un agent peut évaluer différents produits de manière à regrouper ceux qui correspondent le plus à ses préférences.	Agents de recommandation <i>Firefly</i> <i>PersonaLogic</i>
<i>Recherche du vendeur</i>		
Le consommateur compare les offres de différents vendeurs.	Sur la base de critères fournis par l'utilisateur (prix du produit, garantie, disponibilité, délai de livraison, réputation), un agent compare les offres de différents vendeurs.	Agents de recherche <i>BargainFinder</i> <i>Jango</i>
<i>Transaction</i>		
Le consommateur détermine de manière interactive avec le vendeur les termes de la transaction.	Sur la base de différentes contraintes fournies par le consommateur (valeur de réservation, délai maximal pour parvenir à un accord), un agent négocie en son nom les termes d'une transaction.	Agents d'enchères <i>AuctionBot</i> Agents de négociation <i>Kasbah</i> <i>Tête-à-tête</i>

4. Rappelons que, lors de l'achat d'un produit, le comportement d'achat du consommateur peut se décomposer en six étapes, à savoir 1. l'identification des besoins, 2. la recherche du produit, 3. la recherche du vendeur, 4. la négociation, 5. l'achat et la livraison et 6. l'évaluation postachat.

sur l'achat de certains produits. Ces agents servent à retranscrire sur le réseau une fonction d'aide ou de conseil à l'achat, remplie dans le commerce traditionnel, par le personnel de vente. Du point de vue des consommateurs, les agents de recommandation facilitent la sélection des produits qui se trouvent dans le catalogue électronique d'un magasin en ligne. Par là même, leur présence rend plus convivial l'acte d'achat des consommateurs. De plus, en recommandant des produits, ces agents donnent la possibilité aux vendeurs de mieux connaître les attentes des consommateurs.

Le modèle de fonctionnement des agents de recommandation est relativement simple. En utilisant des informations partielles sur les préférences des consommateurs, ils identifient dans des bases de données le (ou les) produit(s) susceptible(s) de les satisfaire. Toutefois, la qualité et la quantité de l'information utilisée ainsi que le modèle de sélection peuvent être très différents d'un agent à l'autre. Actuellement, les principaux algorithmes de recommandation utilisés sur le réseau sont le *collaborative filtering*, le *feature-based filtering* et le *constraint filtering*.

Les différents algorithmes de recommandation

Collaborative filtering

Le modèle de sélection de type *collaborative filtering* consiste à effectuer des corrélations dans une base de données regroupant les achats passés d'un grand nombre de consommateurs et à identifier des groupes de consommateurs susceptibles d'avoir les mêmes préférences. Ainsi, la recommandation à un client (nouveau ou

ayant déjà procédé à un achat) porte sur l'achat de produits qu'il n'a pas encore acheté mais qui ont été achetés par d'autres consommateurs appartenant au même groupe que lui. En utilisant des informations concernant de nombreux individus, ce type de recommandation peut s'apparenter à une recommandation par « bouche à oreille » (Maes, 1999). Actuellement, plusieurs agents comme Firefly (www.firefly.com) ou MovieCritic (www.moviecritic.com) utilisent cet algorithme de recommandation.

Afin de mieux comprendre comment fonctionne ce mode de recommandation, nous considérons l'exemple suivant. Dans sa base de données, un agent de recommandation dispose d'évaluations concernant trois produits (produit 1, produit 2 et produit 3). Ces évaluations, représentées dans le tableau 3, ont été faites par trois consommateurs différents (consommateur A, consommateur B et consommateur C). Dans ce tableau, la satisfaction des consommateurs est retranscrite de manière numérique à l'aide d'une échelle de satisfaction croissante allant de 1 à 7 (plus un consommateur est satisfait d'un produit, plus la valeur numérique associée est élevée). L'agent doit maintenant établir une recommandation de produit pour un nouveau consommateur, le consommateur D. À partir des différentes données dont dispose l'agent, celui-ci va procéder en deux étapes. Dans une première étape, l'agent va demander au consommateur D d'évaluer les produits qu'il connaît (produit 1 et 3) puis il va chercher dans sa base de données l'individu ayant les préférences les plus proches. Dans notre cas, il identifie le consommateur B car ce dernier a fourni des évaluations presque similaires au consommateur D

Tableau 3			
EXEMPLE CONCERNANT LA MÉTHODE DU <i>COLLABORATIVE FILTERING</i>			
	Produit 1	Produit 2	Produit 3
<i>Base de données</i>			
Consommateur A	5	7	6
Consommateur B	3	6	1
Consommateur C	7	2	1
<i>Nouveau consommateur</i>			
Consommateur D	3	–	2

pour les produits 1 et 3. Dans une deuxième étape, en utilisant l'évaluation faite par le consommateur B sur le produit 2, l'agent détermine l'évaluation du consommateur D pour ce même produit, à savoir dans notre cas une valeur proche de 6. Cette valeur étant relativement élevée, l'agent va alors recommander au consommateur D l'achat de ce produit.

Pour recommander un produit à un consommateur, l'algorithme du *collaborative filtering* utilise des informations sur d'autres consommateurs. En reposant sur ce principe, l'algorithme suppose explicitement que des individus similaires aiment des choses similaires pour des raisons similaires. Par là même, son utilisation s'avère plus adaptée pour certains types de produits tels que les biens de confort (livre ou CD) ou des produits difficiles à caractériser (page web ou restaurant). Toutefois, cet algorithme n'est pas adapté pour des produits plus complexes (appareil photo, logement, ordinateur), produits pour lesquels une bonne recommandation repose sur la compréhension des raisons qui ont conduit

les consommateurs à préférer un certain type de produit au détriment d'un autre. Dans ce cas, il est important de ne pas se limiter à une évaluation globale du produit mais il faut également considérer les raisons personnelles pour lesquelles un consommateur a été ou non satisfait.

Feature-based filtering

Une deuxième technique de recommandation de produit utilisé par les agents existants porte le nom de *feature-based filtering*. Cet algorithme de recommandation repose sur la mise en place d'un questionnaire ayant des réponses préalablement définies. À l'aide de ce questionnaire, l'agent de recommandation va affiner de manière itérative sa connaissance des préférences d'un consommateur. Par exemple, dans le cas de la recommandation d'un ordinateur, l'agent va tout d'abord poser au consommateur une question sur la marque d'ordinateur qu'il désire. Les ordinateurs de la marque désirée seront alors inclus dans l'ensemble d'alternatives et les ordinateurs d'autres marques seront exclus. L'agent va ensuite poser une

question concernant une caractéristique technique de l'ordinateur, par exemple son processeur, et il va exclure tous les ordinateurs dont le processeur n'est pas identique à celui désiré par le consommateur. L'agent va continuer ainsi son processus de questionnement jusqu'à ce qu'un ensemble restreint de produits soit identifié. Généralement, cette forme de recommandation s'apparente plus à une simple aide à la navigation dans le catalogue d'un vendeur qu'à un réel algorithme de recommandation. En effet, hormis pour des contextes d'achat très particuliers, cette manière de coder l'information est relativement limitée car des alternatives pertinentes pour les consommateurs peuvent être facilement exclues de l'ensemble des produits proposés par l'agent. Par exemple, lorsqu'un consommateur ayant de très bonnes connaissances en informatique désire acheter un ordinateur, cette méthode de recommandation de produits est pertinente car il connaît à l'avance les caractéristiques souhaitées pour son ordinateur. Dans le cas inverse, un consommateur peut très vite se retrouver orienté vers un ensemble de produits non pertinent et à avoir à recommencer le processus de sélection du début s'il désire modifier l'un des paramètres de son choix. Dans la pratique, les consommateurs font un arbitrage entre les différentes caractéristiques d'un produit et ils sont très souvent prêts à renoncer à une caractéristique particulière si une autre plus intéressante leur est proposée.

Constraint filtering

Une technique de recommandation qui essaye de reproduire le processus de décision d'un consommateur lorsqu'il doit faire des arbitrages entre les différentes caractéristiques d'un produit est le *constraint filtering*.

Un exemple d'agent qui utilise cet algorithme pour établir ses recommandations est l'agent PersonaLogic (www.personalogic.com). Dans une première étape, cet agent demande aux utilisateurs de remplir un questionnaire concernant les caractéristiques du produit qu'il désire. Par rapport à un mécanisme de type *feature-based filtering*, les questions posées à un consommateur sont plus complexes et elles sont traduites par l'agent sous la forme de contraintes plus générales que la simple inclusion/exclusion de certains produits. En étant basée sur des évaluations subjectives concernant les différentes caractéristiques d'un produit ainsi que leur importance respective, l'avantage principal de cette méthode est de faciliter les possibilités d'arbitrage. À partir des réponses d'un consommateur, l'agent établit un modèle multi-attribut lui permettant d'estimer et de classer les différents produits appartenant à l'ensemble d'alternatives.

Afin de comprendre plus précisément le fonctionnement de cet algorithme de recommandation, nous considérons l'exemple suivant. Un consommateur souhaite acquérir un ordinateur et interagit avec un agent de recommandation pour l'aider dans son choix. Hormis pour deux dimensions, le type d'enceintes (caractéristique A) et le type de clavier (caractéristique B), toutes les autres caractéristiques de l'ordinateur ont été fixées par le consommateur. Pour ces deux caractéristiques, le consommateur ne désire pas dépenser plus de 20 euros. Par ailleurs, comme il lui semble plus important d'avoir de bonnes enceintes plutôt qu'un bon clavier, il souhaite consacrer une somme plus importante à la caractéristique A. Dans la base de données de l'agent, trois types d'enceintes aux

prix respectifs de 6 euros, 9 euros et 11 euros et trois types de clavier aux prix respectifs de 8 euros, 12 euros et 16 euros sont disponibles. Dans ce cadre, les contraintes fournies par le consommateur peuvent être traduites par l'agent de la manière suivante : $A + B \leq 20$ euros (contrainte 1) et $A > B$ (contrainte 2). Dans un premier temps, la deuxième contrainte permet à l'agent d'éliminer les enceintes dont le prix est de 6 euros car celui-ci est strictement inférieur à tous les prix possibles pour le clavier (8 euros, 12 euros et 16 euros). L'agent doit donc proposer un produit pour lequel la caractéristique A est de 9 euros ou 11 euros et la caractéristique B de 8 euros, 12 euros ou 16 euros. Dans une seconde étape, en utilisant la première contrainte, l'agent peut éliminer le clavier dont le prix est de 12 euros et le clavier dont le prix est de 16 euros. Pour finir, l'agent peut établir sa recommandation en proposant au consommateur d'acheter soit un ordinateur avec des enceintes à 9 euros et un clavier à 8 euros, soit un ordinateur avec des enceintes à 11 euros et un clavier à 8 euros.

La méthode de recommandation de type *constraint filtering* s'inspire des modèles multi-attributs (Keeney et Raiffa, 1976) dont l'objectif est d'estimer une fonction reflétant l'utilité attachée par un consommateur à différents produits. En prenant en considération de manière plus représentative les préférences d'un consommateur au travers une fonction d'utilité, la méthode du *constraint filtering* permet une recommandation de produit de meilleure qualité (Maes, 1999). Néanmoins, comme la qualité de la recommandation repose également sur le nombre de questions posées au consommateur, il est souvent nécessaire de faire un compromis entre la qualité de la

recommandation et le nombre de questions posées. Pour diminuer l'importance de ce compromis, il peut être nécessaire d'utiliser des informations globales concernant un ensemble de consommateurs (Maes, 1999).

Améliorations des agents de recommandation

En raison de leur potentiel à fidéliser les clients, les agents de recommandation font de plus en plus souvent partie intégrante de la stratégie marketing des sites marchands (West *et al.*, 1999). Toutefois, leur succès auprès des consommateurs n'est pas garanti car il dépend de la qualité des recommandations qu'ils proposent. Un des préalables indispensables à une bonne recommandation est une estimation correcte des désirs et des préférences d'un consommateur. En effet, particulièrement pour l'achat de produits complexes ou perçus comme risqués, une recommandation s'avère peu fiable en l'absence de communication préalable. Pour de tels achats, la compréhension des besoins d'un consommateur est essentielle. Actuellement, les applications disponibles sur l'internet ne répondent que très rarement aux attentes des consommateurs en termes de communication. Dans le futur, la performance d'un agent de recommandation va reposer sur sa capacité à impliquer le consommateur dans un processus interactif qui nécessite un partage d'information, à mémoriser ses réponses pour améliorer ultérieurement sa performance ainsi qu'à assurer la confidentialité des données collectées.

Interactivité

À l'avenir, les agents de recommandation doivent mettre en place un processus de communication bilatéral plus interactif.

D'une part, le consommateur doit pouvoir faire connaître explicitement ses attentes sur le produit considéré et, d'autre part, l'agent doit pouvoir faire connaître ses capacités (ce qu'il peut faire). L'interactivité⁵ fait référence à la qualité d'une communication bidirectionnelle entre deux partis et peut être jugée à partir de la durée des réponses et de leur contingence (Alba *et al.*, 1997). Le niveau d'interactivité d'un agent de recommandation est en relation directe avec la satisfaction du consommateur et, par-là même, avec l'utilisation future de l'agent. En effet, plus le consommateur révèle ses préférences à l'agent, meilleures seront les recommandations de produits proposées par celui-ci (Spiekermann et Paraschiv, 2002).

Pour que les agents de recommandation puissent établir une communication réelle avec les acheteurs potentiels, ceux-ci peuvent s'inspirer du dialogue entre un consommateur et un vendeur dans le commerce traditionnel, particulièrement en ce qui concerne le type de questions posées. Actuellement, la plupart des agents de recommandation limitent leur communication avec un consommateur aux seules caractéristiques techniques du produit. Dans l'absolu, un agent de recommandation devrait être capable de tenir compte à la fois des facteurs objectifs d'un produit et

des facteurs subjectifs que le consommateur considère comme importants (Maes *et al.*, 1999). Les facteurs subjectifs font référence à des informations personnelles sur un individu qui peuvent s'avérer cruciales pour effectuer une recommandation de bonne qualité et pour réduire le risque perçu associé à un achat. Par exemple, pour l'achat d'une robe, une question du type « Dans quelles occasions désirez-vous porter cette robe ? », peut permettre de réduire le risque psychosocial⁶ de l'acheteur (Spiekermann et Paraschiv, 2002). En effet, si une femme désire acheter une robe de soirée, l'agent de recommandation doit en tenir compte.

Personnalisation

Pour améliorer sa recommandation, un agent devrait également être capable de reconnaître et de s'adapter aux connaissances d'un consommateur. Cette personnalisation du processus de communication concerne à la fois le mode de communication et la mémoire de l'agent en fonction d'un utilisateur identifié. Elle implique également qu'un agent de recommandation soit capable d'apprendre et/ou de tenir compte du profil et des attentes d'un acheteur particulier.

La personnalisation du mode de communication d'un agent avec son utilisateur nécessite une adaptation à son niveau de

5. Selon la distinction faite par Hoffman et Novak (1996), il existe deux formes d'interactivité: l'interactivité personnelle et l'interactivité machine. La première forme d'interactivité se réfère à la communication entre individus *via* l'internet, tandis que la seconde fait référence à la capacité d'une personne à accéder à des bases de données en ligne. Dans notre étude, nous nous référons bien entendu à une interactivité machine.

6. Lors d'un achat, le risque perçu est défini comme l'évaluation subjective des consommateurs sur les conséquences d'une erreur et de la probabilité qu'une telle erreur survienne. Le risque perçu est une construction multidimensionnelle car les consommateurs perçoivent généralement plusieurs types de conséquences négatives (Jacoby et Kaplan, 1974). Les plus connues sont le risque de performance lié au mauvais fonctionnement du produit, le risque financier lié à l'achat trop cher du produit, le risque psychologique lié à l'impact d'un mauvais choix de produit sur l'ego du consommateur et le risque social lié au jugement du produit par les amis, la famille ou le groupe de travail.

connaissance concernant le produit, à son éducation, à son sexe, à ses goûts, etc. Pour inciter l'ensemble des consommateurs à interagir avec lui, un agent de recommandation pourrait proposer une méthodologie de sélection différente selon le niveau de familiarité des individus avec un produit. La familiarité d'un consommateur avec un produit dépend de son expérience antérieure avec le produit et de son niveau d'expertise (Spiekermann et Paraschiv, 2002). Par exemple, pour l'achat d'un ordinateur, si l'acheteur désire changer son ordinateur et connaît bien le domaine de l'informatique, l'agent peut communiquer avec lui en termes de types de processeur, etc. Par contre, ce type de question sur des caractéristiques techniques doit être transformé en des questions sur l'utilisation envisagée de l'ordinateur pour un consommateur qui méconnaît le domaine de l'informatique et achète pour la première fois un ordinateur. La personnalisation de la mémoire d'un agent implique que ce dernier soit capable de mémoriser les informations qui lui auront été implicitement ou explicitement fournies lors d'interactions précédentes avec un consommateur. Bien entendu, un agent doit garder en mémoire des informations données initialement par un utilisateur (nom, âge, etc.) mais il peut également retenir d'autres informations moins explicites. Par exemple, le consommateur qui aura procédé à l'achat d'un ordinateur en utilisant un agent pourra se voir conseiller ultérieurement, s'il le désire, une imprimante compatible avec celui-ci sans pour autant avoir à redonner ses spécifications complètes (marque, etc.). Cette forme de personnalisation de l'agent de l'interaction semble indispensable pour qu'un consom-

mateur se l'approprie et l'utilise de manière répétée.

Confidentialité

Du point de vue du consommateur, l'interaction avec un agent implique la révélation d'informations personnelles. Pour qu'un consommateur révèle des informations personnelles durant un processus de communication, un élément important à prendre en considération est le niveau de *confidentialité des données* garanti par l'agent. On peut noter que la confidentialité n'exclut pas l'utilisation de l'information par l'agent (par exemple, exploitation de l'information dans une base de données afin d'améliorer son service, etc.) mais sa non-utilisation à des fins non désirées par le consommateur (par exemple, l'envoi de courriers publicitaires à son domicile ou sur sa messagerie électronique sans son accord explicite, la divulgation d'une information médicale à son employeur, etc.). Par conséquent, le consommateur doit, lors de l'interaction avec l'agent, contrôler l'information divulguée sur lui-même (Reiter et Rubin, 1999). Un agent devrait laisser un consommateur libre de répondre ou non à certaines questions. Selon Clarke (1999), l'information personnelle peut recouvrir les communications entre le consommateur et l'agent (but de la recherche, propension à payer, comportements observés, etc.) et/ou les données personnelles révélées à l'agent (numéro de carte bancaire, adresse postale, e-mail, numéro de téléphone). Actuellement, pour garantir la confidentialité, la stratégie utilisée par les agents consiste à proposer une charte de confidentialité. Cette charte est généralement considérée comme insatisfaisante par un grand nombre de consommateurs (Spiekermann et Paraschiv, 2002). Les

consommateurs préfèrent généralement avoir accès à des opinions d'anciens consommateurs pour juger de la réputation d'un agent. Par ailleurs, on peut également noter que le législateur sera certainement amené à imposer des règles sur le comportement des agents permettant d'instaurer une plus grande confiance auprès des consommateurs (Vinaja et Raisinghani, 2000).

2. Les agents de recherche

Sur l'internet, l'information est dynamique car le rythme de croissance du volume total d'information disponible est exponentiel. Comme le temps nécessaire à l'obtention d'une information est proportionnel à la quantité d'information disponible, la durée d'accès à l'information augmente donc également à un taux exponentiel. Dans ce cadre, le recours à des agents de recherche et d'analyse de l'information devient indispensable. Prenons par exemple le cas d'un consommateur qui souhaite acheter un ordinateur sur l'internet. Supposons que celui-ci ait un accès direct au catalogue électronique d'un magasin en ligne sans pour autant disposer d'outils de recherche lui permettant de naviguer dans cette base de données. Dans ce contexte, il devra parcourir lui-même toutes les offres de produits existantes afin d'identifier celles qui correspondent à ses besoins. Par ailleurs, si ce consommateur ne souhaite pas faire son achat de manière irréfléchie, il devra également analyser les caractéristiques de chaque ordinateur de manière à les compa-

rer entre eux. Ces différentes tâches peuvent prendre plusieurs heures à un individu alors qu'un agent peut les réaliser en quelques minutes⁷.

Les agents de recherche permettent aux consommateurs de collecter certaines informations commerciales dans le catalogue électronique de plusieurs vendeurs. Ils se trouvent le plus souvent sur de grands portails d'accès à l'internet comme Yahoo! (www.yahoo.com) ou Altavista (www.altavista.com) qui ajoutent à leur rôle de moteur de recherche plus traditionnel cette fonction de recherche plus spécifique. Le fonctionnement d'un agent de recherche est relativement simple. Dans une première étape, le consommateur spécifie certaines informations sur le produit qu'il désire (prix, caractéristiques du produit, délai de livraison). Ensuite, l'agent recherche ces données dans le catalogue électronique de différents sites marchands puis retourne au consommateur un tableau comparatif (voir figure 1) qui lui permet d'identifier facilement le magasin en ligne proposant l'offre la plus intéressante. La présence d'agents de recherche sur l'internet permet aux consommateurs d'améliorer leur satisfaction en réduisant leurs efforts associés à la recherche d'un vendeur. En termes plus économiques, ces agents diminuent significativement les coûts de recherche d'information des consommateurs et leur présence fait souvent craindre aux magasins en ligne une augmentation de la concurrence sur le marché (Bakos, 1997; DeLong et Froomkin, 1998).

7. Pour collecter 30 prix, Brynjolfsson et Smith (2000) ont montré qu'il fallait 3 minutes en utilisant un agent de recherche, 30 minutes en utilisant un moteur de recherche classique et 90 minutes en téléphonant directement aux vendeurs. Cet exemple illustre bien la diminution des coûts de recherche des consommateurs sur l'internet lorsque ceux-ci utilisent un agent de recherche.

Figure 1
RECHERCHE D'UN ORDINATEUR PORTABLE DONT LE PRIX
EST INFÉRIEUR À 1500 EUROS AVEC KELKOO.fr

The screenshot shows the Kelkoo search results page. At the top, there is a search bar with the text "NOOS. ENTREZ, C'EST OUVERT." and a search button. Below the search bar, the results are displayed in a table format. The table has five columns: "Produit", "Marchand", "Simulation Crédit", "Prix FF", and "Plus d'infos". The results are sorted by price, with the lowest price being 9110 euros for a Compaq Armada 110S. Other results include an IBM Thinkpad A20M 2628 (9150 euros), a Compaq Presario 700 (9329 euros), a Compaq Presario Portable 1202 (9350 euros), and a Toshiba Satellite 1730CDT (9400 euros). Each result includes a brief description of the product's specifications and a "GO!" button to visit the merchant's site.

Produit	Marchand	Simulation Crédit	Prix FF	Plus d'infos
Compaq - Armada 110S - Celeron 700 Mhz - L2 256 Ko - RAM 64 Mo - DD 10 Go - CD 24x - combinaison réseau / modem 56 Kbits/s - adaptateur réseau Ethernet, Fast Ethernet - W98 - 12.1" TFT En savoir plus	Planete Discount Infos site	SOFINCO*	9110	GO!
Ibm - Thinkpad A20M 2628 - Celeron 550 Mhz - L2 128 Ko - Ram 64 Mo - Dd 6 Go - Cd 24x - Modem 56 Kbits/s - Microsoft Windows 2000 - 12.1" TFT En savoir plus	Planete Discount Infos site	SOFINCO*	9150	GO!
Compaq - Presario 700 - NOUVEAU ! En savoir plus	Vepenet Infos site	SOFINCO*	9329	GO!
Compaq - Presario Portable 1202 - Celeron 800 Mhz - L2 128 Ko - RAM 64 Mo - DD 10 Go - CD 24x - Modem 56 Kbits/s - Windows EM - 13.3" TFT En savoir plus	Planete Discount Infos site	SOFINCO*	9350	GO!
Toshiba - Satellite 1730CDT - Celeron 650 Mhz - L2 128 Ko - RAM 64 Mo - DD 6 Go - CD 24x - Modem 56 Kbits/s - Windows EM - 12.1" TFT En savoir plus	Planete Discount Infos site	SOFINCO*	9400	GO!

Le développement des agents de recherche

Le premier agent de recherche apparu sur l'internet est *BargainFinder* (bf.cstar.ac.com/bf/) (Guttman *et al.*, 1998). Cet agent a été développé par la société de conseil Accenture (www.accenture.com) et permettait aux consommateurs de comparer le prix d'un CD sur neuf sites marchands. Depuis, les agents de recherche ont évolué tant au niveau du nombre de produits qu'ils permettent de comparer qu'au niveau du nombre de vendeurs consultés. Par exemple, les agents Jango (www.jango.com), CNET (www.cnet.com)

ou Kelkoo (www.kelkoo.com) ne sont plus spécialisés sur une seule catégorie de produit mais couvrent une très large gamme de produits (ordinateurs, logiciels, cosmétiques, jouets, vins, etc.). En ce qui concerne la capacité de traitement de l'information, l'agent Shopper (www.shopper.com) peut comparer plus d'un million de prix concernant plus de 100 000 produits informatiques (Greenwald et Kephart, 1999) tandis que d'autres agents de recherche déclarent pouvoir identifier le prix « le plus bas sur terre » de ces mêmes produits (Smith *et al.*, 2000)⁸.

8. Une liste exhaustive de l'ensemble des agents de recherche disponibles sur l'internet peut être obtenue sur le site SmartBots (www.smartbots.com).

En règle générale, les agents de recherche ont un comportement « agressif » envers les vendeurs car ils les placent, sans leur accord, dans une situation de plus grande concurrence par les prix (Bakos, 1997). Suite à l'introduction de BargainFinder sur l'internet, la réaction des magasins en ligne a été sans équivoque. Pour refuser l'augmentation de la pression concurrentielle qui s'exerçait sur eux, un tiers des sites lui ont bloqué l'accès à leur catalogue (Yovovich, 1995 ; DeLong et Froomkin, 1998). Ce blocage a été rendu possible car BargainFinder était doté d'un mode de fonctionnement similaire à celui d'un métamoteur de recherche et les vendeurs pouvaient donc identifier sans ambiguïté le serveur qui effectuait une demande d'information. Pour contourner la volonté des vendeurs, les agents de recherche actuels, comme par exemple l'agent Jango, ont adopté une nouvelle méthode de collecte d'information. Désormais, les requêtes d'information se font par l'intermédiaire de l'ordinateur des consommateurs et non plus à partir d'un serveur centralisé comme cela était le cas avec *BargainFinder*. Ainsi, les requêtes d'information ont l'air d'émaner de « vrais » consommateurs et il est extrêmement difficile pour le vendeur de déjouer ce système (Maes *et al.*, 1999). Pour augmenter la satisfaction des consommateurs et permettre aux vendeurs de se différencier, la prise en compte d'un plus grand nombre de critères de recherche a été une autre amélioration de la capacité de traitement de l'information des agents de recherche. En effet, en se limitant au seul aspect de la tarification des produits, les agents oublièrent d'autres critères de décision importants pour les consommateurs.

Désormais, certains agents de recherche permettent de tenir compte de la disponibilité des produits, des délais et des coûts de livraison ou bien encore de la réputation des vendeurs. Par exemple, l'agent EvenBetter (www.evenbetter.com) permet de collecter les prix, les frais de ports et les délais de livraison d'un grand nombre de livres vendus chez différents libraires en ligne. Actuellement, avant de prendre leur décision d'achat, les consommateurs utilisant un agent de recherche peuvent donc considérer un plus grand nombre de dimensions pour évaluer les offres des magasins en ligne. On peut noter que cette augmentation du nombre de critères est également bénéfique aux vendeurs car elle leur permet de se différencier.

Améliorations des agents de recherche

Bien que le nombre de critères de recherche utilisés par les agents ait augmenté de manière significative, ces derniers ne peuvent toujours pas prendre en compte certaines variables plus qualitatives qui permettraient aux consommateurs de prendre des décisions d'achat plus réfléchies. Par exemple, les agents de recherche ne retournent pas aux consommateurs des informations concernant la politique de garantie des vendeurs (par exemple, peut-on renvoyer le produit si l'on est pas satisfait ? Quel est le délai autorisé pour cela ?) ou certains services additionnels qu'ils peuvent leur offrir (par exemple, pour l'achat d'un ordinateur, est-il possible de bénéficier d'une mise en service gratuite à son domicile ? Peut-on bénéficier d'un service de dépannage à domicile ?). Afin d'augmenter la satisfaction de leurs clients, les agents de recherche doivent intégrer les services à valeurs ajoutées proposés par les magasins en ligne. Cette

amélioration de la capacité de recherche d'information des agents recouvre deux aspects différents. Tout d'abord, les agents de recherche doivent améliorer, d'une part, leur capacité de « compréhension » de l'information à laquelle ils accèdent et, d'autre part, leur capacité de lecture du catalogue électronique des vendeurs. L'utilisation d'ontologies et l'adoption du langage XML (*eXtensible Markup Language*) qui va progressivement supplanter le langage HTML (*Hypertext Markup Language*) pour programmer les pages Web va résoudre en grande partie ces deux problèmes (Guttman *et al.*, 1998 ; Greenwald, 1999).

Ontologies et XML (eXtensible Markup Language)

Actuellement, les agents utilisent des mots-clés pour rechercher l'information (Fensel et Benjamins, 1998) et ils ne sont pas capables de comprendre le sens d'un mot. Par exemple, lorsque l'on recherche un « ordinateur portable » à l'aide de l'agent de recherche PriceWatch (www.price-watch.com), ce dernier retourne une liste qui regroupe des ordinateurs portables, des accessoires et des pièces détachées pour ce type d'ordinateur. Manifestement, l'agent n'est pas capable de faire la différence entre les différents contextes d'utilisation du terme recherché. Pour être plus performants, les agents doivent effectuer une recherche de connaissances en se basant sur des ontologies. Une ontologie est une manière formalisée de spécifier une

conceptualisation acceptée par l'ensemble des chercheurs (Gruber, 1997). Elle implique un accord sur les structures et les théories nécessaires à la modélisation des connaissances d'un domaine particulier. L'intérêt principal de la mise en place d'ontologies est qu'elles pourraient permettre aux agents de distinguer différents contextes d'utilisation d'un même mot. Dans ce cadre, différents contextes correspondraient à différentes ontologies. En précisant à la fois le « mot » recherché et l'ontologie auquel ce « mot » correspond, les agents pourraient évoluer d'une recherche par mots-clés à une recherche de « connaissances ». À l'heure actuelle, bien que de nombreux progrès soient réalisés dans cette direction par des organisations comme la fondation pour les agents intelligents (www.fipa.org), l'OMG (www.omg.org) ou la société CommerceNet (www.commerce.net), le problème des ontologies reste une question ouverte. Néanmoins, afin d'améliorer les services rendus aux consommateurs, on peut raisonnablement penser que les agents seront capables, dans un proche avenir, de rechercher des connaissances. On peut noter que l'adoption du langage XML pour remplacer le langage HTML est une étape nécessaire pour permettre le partage des connaissances sur l'internet. En effet, le langage HTML est conçu pour présenter l'information dans un format facilement compréhensible pour les êtres humains⁹. Cependant, ce format ne retranscrit pas assez d'informations pour

9. Une page web fournit généralement trois types d'informations différentes : 1) des informations sur le contenu ; 2) des informations sur la manière dont le contenu est présenté lors de sa visualisation (procedural markup) ; 3) des informations sur l'objectif auquel est dédié le document (descriptive markup). En utilisant le langage HTML, ces trois types d'information sont regroupés dans un seul fichier rendant par conséquent l'accès à l'information dépendante du format de ce fichier. *A contrario*, le langage XML permet de décrire le contenu et la structure d'une page web sans pour autant fournir d'informations sur la manière de présenter l'information. La présentation d'une page web programmée en XML dépend alors uniquement de paramètres personnels utilisés par ses lecteurs.

que les agents de recherche puissent interpréter correctement le contenu. Pour cette raison, les agents actuels ont des difficultés à lire les pages Web des magasins en ligne. Avec le langage XML, il devient possible d'implémenter des sémantiques et de personnaliser la lecture d'un document présent sur l'internet, permettant ainsi d'implémenter des ontologies de produits. Dans ce cadre, l'adoption du langage XML va permettre aux pages Web d'être plus facilement lisibles par les agents de recherche.

3. Les agents de transaction

Les agents de transaction permettent à des acheteurs et des vendeurs de déterminer les termes d'un échange, sans avoir à se rencontrer physiquement, en interagissant uniquement par l'intermédiaire de leurs agents. Il existe principalement deux catégories d'agents de transaction : les agents d'enchères par procuration et les agents de négociation. À l'heure actuelle, seul le premier type d'agent est effectivement utilisé par les consommateurs sur l'internet tandis que le second type d'agent reste encore du domaine de la recherche. Dans ce paragraphe, nous présentons successivement, les agents d'enchères par procuration, les agents de négociation et les améliorations futures des agents de transaction.

Les agents d'enchères par procuration

Une vente aux enchères est un mécanisme de transaction qui permet de déterminer l'allocation et le prix de ressources sur la base de différentes offres faites par les participants du marché (McAfee et McMillan, 1987). Ce mécanisme est particulièrement bien adapté pour des produits rares ou d'occasion. En diminuant les coûts d'organisa-

tion et de participation à des ventes aux enchères, l'internet a permis de démocratiser leur utilisation. Selon les règles utilisées, quatre procédures d'enchères peuvent être distinguées sur l'internet : les *enchères « anglaises »* (ou enchères ascendantes), les *enchères sous plis scellés*, les *enchères « à la Vickrey »* et les *enchères « hollandaises »* (ou enchères descendantes). Le tableau 4 résume le déroulement de chaque type de procédure et fournit quelques exemples de sites qui utilisent chacune d'entre elles.

Dans le cadre d'une vente aux enchères, l'utilisation d'agents permet de mettre en place un *système d'enchères par procuration*. Un consommateur qui désire participer à une vente aux enchères a la possibilité de se faire représenter par un agent dont il détermine au préalable la stratégie en fixant un certain nombre de paramètres (valeur de réservation, durée maximale de participation, etc.). Ainsi, un consommateur n'a pas à suivre continuellement une vente aux enchères pour y participer, son agent va surenchérir à sa place en tenant compte des contraintes qui lui ont été imposées. Par exemple, sur le site Onsale, les consommateurs peuvent utiliser un agent d'enchères qui est présenté de la manière suivante : « *Proxy Bidding... automatically monitors an auction for you with parameters you have specified in advance.... In order to instate Proxy Bidding, you may enter a Proxy Bid on the bidding page where it says "Maximum Bid". Our automatic bidding software then enters the lowest possible Winning Bid for you. If another Buyer bids (in real time or by Proxy), we will automatically raise your bid until you are Winning or until you have reached your Maximum Bid....* ». Aujourd'hui, ce type d'agent est uniquement utilisé dans des procédures

Tableau 4
LES DIFFÉRENTES PROCÉDURES D'ENCHÈRES

Types d'enchères				
	Anglais	Sous plis scellés	Vickrey	Hollandais
Déroulement	Le vendeur fixe un prix initial. Les acheteurs peuvent surenchérir les uns sur les autres jusqu'à l'adjudication du commissaire priseur.	Chaque acheteur envoie une offre secrète et non modifiable. À la clôture de l'enchère, le commissaire priseur ouvre les différentes offres.	Chaque acheteur envoie une offre secrète et non modifiable. À la clôture de l'enchère, le commissaire priseur ouvre les différentes offres.	Le vendeur fixe un prix initial (élevé). Le commissaire priseur fait diminuer le prix à intervalle de temps régulier.
Gagnant	L'acheteur ayant fait l'offre la plus élevée.	L'acheteur ayant fait l'offre la plus élevée.	L'acheteur ayant fait l'offre la plus élevée.	Le premier acheteur acceptant l'offre proposée.
Prix payé	Le montant correspondant à son offre.	Le montant correspondant à son offre.	Le montant de la seconde meilleure offre majoré d'un incrément.	Le montant correspondant à son offre.
Exemples	eBay [www.ebay.com] Onsale [www.onsale.com] iBazar [www.ibazar.com].	The Chicago Wine Company [www.twc.com] Timeshare Resale International [www.timeshare-resales-4u.com].	Antebellum Covers [www.antebellumcovers.com] Nauck's Vintage Record [www.78rpm.com].	Klik-Klok Department store [www.klik-klok.com] Bid.com [www.bid.com].

d'enchères « anglaises ». Néanmoins, leur utilisation devrait rapidement se généraliser à d'autres types de procédure. Par exemple, sur la plate-forme AuctionBot (auction.eecs.umich.edu) développée par l'université du Michigan, les utilisateurs ont non seulement la possibilité de déléguer leur processus de surenchère à un agent mais également de choisir les paramètres de la procédure d'enchères dans laquelle leur agent va interagir (durée de la vente,

nombre de partis autorisés à participer, etc.).

Les agents de négociation

La négociation est un processus de décision multilatéral au cours duquel deux ou plusieurs partis cherchent conjointement un ensemble de solutions possibles en vue de parvenir à un accord (Rosenschein et Zlotkin, 1994). Actuellement, un nombre important de recherches s'intéressent à la possibilité d'automatiser des négociations

commerciales sur l'internet. Dans ce contexte, des acheteurs et des vendeurs désirant acquérir ou vendre un bien pourront négocier les termes de la transaction par l'intermédiaire d'agents de négociation. L'interaction entre ces agents « vendeurs » et ces agents « acheteurs » se déroulera sur une place de marché électronique (i.e., un système multi-agent). Sur l'internet, le développement de systèmes multi-agents basés sur la négociation requiert quatre conditions :

- 1) il existe un conflit entre des agents pouvant être résolu de manière décentralisée ;
- 2) les agents sont égoïstes (i.e., un agent recherche uniquement à satisfaire l'intérêt de son utilisateur) ;
- 3) les agents sont dotés d'une rationalité¹⁰ limitée pour déterminer leur stratégie de négociation ;
- 4) les agents se trouvent dans une situation d'information incomplète (i.e., chaque parti impliqué dans une négociation ne connaît pas, ou qu'imparfaitement, les variables des décisions déterminant le comportement de ses opposants) (Faratin *et al.*, 1998).

Dans ce cadre, pour résoudre un conflit, les agents doivent être capables de communiquer entre eux en s'échangeant de manière itérative des offres et des contre-offres (Faratin *et al.*, 1998). Les règles qui gouvernent une interaction entre les agents (nombre maximum de partis, nombre de

dimensions sujettes à la négociation, nombre maximal de périodes autorisées, etc.) sont fixées par le protocole de négociation (Rosenschien et Zlotkin, 1994).

Les marchés existants diffèrent selon le protocole de négociation utilisé et la manière de programmer la stratégie de négociation des agents. Le marché Kasbah (kasbash.media.mit.edu), développé au MIT (Chavez et Maes, 1996), est l'un des tous premiers systèmes multi-agents mis en place. Sur ce marché, les agents peuvent négocier de manière séquentielle et bilatérale le prix d'un produit sous la forme d'offres à prendre ou à laisser. Plus précisément, dans une étape de la négociation, un agent « acheteur » propose un prix d'échange à un agent « vendeur » que ce dernier ne peut qu'accepter ou refuser. Le comportement des agents acheteurs ou vendeurs est spécifié par leurs utilisateurs à travers quatre contraintes¹¹ :

- 1) la durée maximale autorisée avant de quitter définitivement le marché ;
- 2) le prix initial à annoncer au début d'une négociation ;
- 3) le prix minimal ou maximal autorisé pour conclure un accord ;
- 4) une fonction qui spécifie l'évolution du prix acceptable au cours d'une négociation. Cette fonction détermine la rapidité avec laquelle un agent acheteur et un agent vendeur vont respectivement augmenter ou

10. La rationalité d'un agent se réfère au processus de prise de décision mis en œuvre par ce dernier afin d'atteindre son objectif. Si les agents étaient dotés d'une rationalité substantive (Simon, 1982), leurs décisions devraient résulter d'un processus d'optimisation où l'ensemble des états du monde seraient pris en compte. Cependant, comme pour les individus, les agents sont caractérisés par des limites informationnelles et computationnelles qui rendent un tel niveau de rationalité pratiquement impossible à mettre en œuvre. Ils devront donc être conçus selon une rationalité procédurale ou limitée (Simon, 1982) où un processus d'optimisation globale sera remplacé par un processus de sous-optimisation plus approximatif, mais plus simple et moins coûteux à mettre en œuvre.

11. Les utilisateurs peuvent contrôler et changer les différents paramètres de leur agent lorsqu'ils le souhaitent sans restriction.

diminuer leur prix au cours d'une négociation en fonction du temps écoulé.

Dans des systèmes multi-agents plus récents, le protocole de négociation a été amélioré pour permettre aux agents de ne plus se limiter à la négociation du seul prix d'une transaction. Sur le marché tête-à-tête (ecommerce.media.mit.edu/tête-à-tête/) (Guttman *et al.*, 1998), les agents peuvent négocier de manière multilatérale et séquentielle plusieurs dimensions d'une transaction comme par exemple, des options sur le produit, le délai de livraison, le service après-vente ou la durée de la garantie. Sur le marché tête-à-tête, un agent acheteur peut recevoir des offres de la part de plusieurs agents vendeurs. Chaque offre inclut une configuration de produit, un prix, et différents services à valeur ajoutée proposés par le vendeur. L'agent acheteur ordonne ensuite les offres reçues en fonction de leur capacité à satisfaire les préférences du consommateur (exprimées par une fonction d'utilité multi-attribut). Si aucune des offres ne satisfait correctement les préférences du consommateur, l'agent acheteur a la possibilité de faire des contre-offres en modifiant une ou plusieurs dimensions des offres reçues. Les agents vendeurs qui ont soumis des offres ont alors la possibilité de faire une nouvelle proposition. Comme pour la recherche multidimensionnelle, cette forme de négociation permet aux vendeurs de se différencier tout en permettant aux consommateurs d'obtenir une offre personnalisée. Un autre système multi-agent qui permet aux agents de négocier plusieurs dimensions d'une transaction est ADEPT (*Advance Decision Environment for Process Tasks*) (Faratin *et al.*, 1998). Ce marché a été développé conjointement par l'université Queen Mary at

Westfield College et British Telecom. Pour générer une offre ou une contre offre sur une dimension de la négociation, ces agents utilisent, comme les agents Kasbah ou les agents tête-à-tête, une stratégie basée sur une heuristique. Ces heuristiques, consistant à prendre des décisions de concession en fonction du temps ou en reproduisant le processus de décision de leur opposant, sont inspirées d'études psychologiques qui ont montré que les individus prennent leurs décisions dans une négociation en suivant de telles règles de comportement (Pruitt, 1981).

Amélioration des agents de transaction

Actuellement, les agents de transaction sont uniquement capables d'interagir sur des marchés fermés ou centralisés. Toutefois, étant donné le caractère décentralisé de l'internet, les marchés futurs seront nécessairement ouverts. Dans ce cadre, des agents programmés par différents informaticiens pourront interagir entre eux afin de conclure des transactions commerciales. Par ailleurs, comme la plupart des transactions se feront entre agents « égoïstes » et dans un contexte informationnel faible, le protocole de négociation qui semble émerger est un protocole de type séquentiel et multidimensionnel. En effet, il est nécessaire que les agents de transaction puissent conclure des accords non seulement sur le prix des produits mais également sur un très grand nombre d'autres dimensions telles que la garantie, le service après vente ou le délai de livraison. De plus, des négociations de type séquentiel semblent être le meilleur moyen pour éviter que les accords conclus soient trop fortement favorables à l'un ou l'autre des partenaires et elles permettent à des agents dotés de processus de décision

très différents d'interagir dans le contexte d'un marché décentralisé (Deveaux *et al.*, 2001). Dans la mesure où des standards de communication vont émerger dans un futur proche, le comportement « optimal » ou l'amélioration de la rationalité des agents de transaction reste une question de recherche encore ouverte. Un deuxième point important à prendre en considération est le problème de la délégation du pouvoir d'achat à un agent.

Délégation

L'utilisation d'un agent de transaction est étroitement liée à la notion de délégation. Dans l'absolu, la négociation d'une transaction commerciale par un agent implique une délégation de pouvoir totale de la part d'un consommateur. Actuellement, un tel niveau de délégation n'est pas encore mis en œuvre car, dans la plupart des cas, lorsqu'un agent parvient à un accord il doit toujours le faire entériner par son utilisateur. La réticence des consommateurs à déléguer leur pouvoir de décision est liée à la fois aux conséquences d'une erreur de la part de l'agent et au niveau de confiance de l'utilisateur dans son mode fonctionnement. Concernant le premier aspect, les consommateurs sont plus enclins à déléguer leur pouvoir de décision dans des contextes d'achat peu risqués (achat d'un livre) que dans des contextes d'achat fortement risqués (achat d'une voiture). Concernant le deuxième aspect, la délégation du pouvoir de décision d'un consommateur dépend de la perception du mode de fonctionnement de son agent. Dans ce sens, lors d'une négociation, il est fondamental qu'un agent de transaction puisse garder confidentielles les données fournies par son utilisateur. Par exemple, un agent acheteur doit garder

confidentielle la valeur de réservation du consommateur qu'il représente sinon, le vendeur pourrait faire une proposition lui permettant d'extraire tout son surplus. De plus, garder des données confidentielles implique non seulement qu'un agent ne fournisse pas d'informations aux opposants mais aussi qu'il soit capable de se protéger contre une stratégie dynamique qui essaierait d'extraire son information privée (Varian, 1995). Par exemple, si un consommateur a donné une valeur de réservation de 8 euros à son agent et que ce dernier a comme stratégie de refuser toute offre supérieure à 8 euros, il est possible qu'un agent vendeur arrive à l'exploiter en commençant à un prix élevé et en diminuant continuellement ce prix jusqu'à ce que l'agent acheteur accepte cette offre. Dans ce cadre, le consommateur va toujours conclure la transaction pour un prix égal à sa valeur de réservation. Cet exemple montre que la conception de stratégies de négociation performantes est une condition nécessaire pour qu'un consommateur délègue son processus de décision à un agent.

Rationalité

À l'heure actuelle, la plupart des agents de transaction utilisent des stratégies de négociation basées sur des heuristiques. L'implémentation de telles stratégies a pour avantage principal de nécessiter un faible nombre de calculs. Par ailleurs, leur simplicité permet aux utilisateurs de comprendre facilement le comportement de leurs agents sur un marché (Chavez et Maes, 1996). Néanmoins, l'utilisation d'heuristiques pose également deux inconvénients. Premièrement, si un agent utilise une heuristique de négociation inappropriée, son comportement pourra être éventuellement

exploité par son opposant (Binmore et Vulkan, 1999). Deuxièmement, comme un système multi-agent est un environnement complexe et incertain, le choix de la « meilleure » heuristique peut être une tâche extrêmement difficile. Dans le futur, comme les agents de négociation devront évoluer sur des marchés ouverts et interagiront avec d'autres partenaires égoïstes, il est nécessaire de les doter de capacités de négociation non coopératives beaucoup plus évoluées. L'idéal serait qu'un agent de transaction soit capable d'agir selon des règles non prédéterminées, en ayant une perception partielle du comportement de ses adversaires et en étant capable d'apprendre au cours de ses interactions (Deveaux *et al.*, 2001). L'amélioration de la rationalité des agents existants fait l'objet de nombreuses recherches actuelles. Une partie de ces études s'appêtent à doter les agents de transaction d'une capacité d'apprentissage. Par exemple, sur le marché Bazaar (Zeng et Sycara, 1998), les agents sont dotés d'un algorithme d'apprentissage bayésien¹² leur permettant de réviser leurs croyances sur le montant de la valeur de réservation de leur opposant dans une négociation bilatérale. Un autre exemple est une évolution des agents ADEPT qui ont été dotés d'un algorithme génétique pour faire évoluer leurs heuristiques en fonction des

comportements de négociation rencontrés sur le marché¹³ (Jennings *et al.*, 1998). Sur ces deux marchés, les agents ont des capacités de prise de décision beaucoup plus évoluées et ils sont également beaucoup plus autonomes dans la conduite d'une négociation. À l'avenir, les agents de transaction pourront donc adapter leur stratégie de négociation en fonction des caractéristiques du marché sur lequel ils évolueront ou en fonction des opposants avec lesquels ils interagiront.

CONCLUSION

Le développement du commerce électronique sur l'internet s'accompagne d'une forte demande pour des applications informatiques capables d'assister les consommateurs dans leur processus d'achat. Depuis quelques années, les agents sont perçus comme une solution au problème du manque d'expérience de certains consommateurs avec l'environnement internet, au problème du manque de convivialité des transactions électroniques ou encore, à celui lié à la gestion de l'information commerciale disponible sur le web. Face à l'émergence de cette nouvelle technologie, l'objectif de notre article a été de présenter le concept d'agent électronique en insistant sur son application dans le domaine com-

12. L'apprentissage bayésien consiste à utiliser le théorème de Bayes pour réviser les croyances d'un agent au cours d'une négociation. Plus précisément, l'agent exprime ses croyances initiales par des probabilités *a priori* sur les différentes valeurs possibles d'un paramètre puis, compte tenu de ses observations du comportement de son opposant, l'agent transforme, en utilisant le théorème de Bayes, les probabilités *a priori* en probabilités *a posteriori*.

13. Pour améliorer le choix des heuristiques des agents ADEPT, Matos, Sierra et Jennings (1998) ont étendu le travail de Faratin, Sierra et Jennings (1998) en implémentant dans ces agents un algorithme génétique. Dans le contexte d'une négociation, l'algorithme génétique fonctionne de la manière suivante: un agent débute avec un ensemble de stratégies de négociation générées de manière aléatoire; il utilise ensuite au moins une fois chacune d'entre elles dans une négociation avec un autre agent; après une étape d'évaluation, l'agent transforme ses stratégies en gardant avec une plus forte probabilité celles qui lui ont permis d'obtenir les meilleures performances (Matos *et al.*, 1998).

mercial. En fonction de l'étape du processus d'achat sur laquelle ils interviennent, nous avons distingué trois types d'agents, à savoir les agents de recommandation, les agents de recherche et les agents de transaction. Pour chaque catégorie, nous avons présenté les applications existantes, souligné leurs principales limites et proposé quelques directions de recherche qui pourraient améliorer leur fonctionnement. Cependant, pour que le potentiel de la technologie agent soit un jour complètement exploité dans le cadre du commerce électronique sur l'internet, la manière de concevoir les agents doit évoluer. En effet, à l'heure actuelle, la conception de ces agents commerçants reste principalement un domaine réservé aux chercheurs en intelligence artificielle (Heilmann *et al.*, 1995; Jennings *et al.*, 1998; Wooldridge et Jennings, 1995) qui ne bénéficie que de peu d'intérêt de la part des gestionnaires (West *et al.*, 1999) ou des économistes (Vulkan, 1999). Néanmoins, la performance d'un agent électronique dans un contexte commercial dépend non seulement d'aspects techniques, mais également de variables économiques ou psychologiques. Pour améliorer leur mode de fonctionnement, les agents futurs devront donc s'appuyer sur une approche interdisciplinaire basée sur une étroite collaboration entre l'intelligence artificielle, les sciences de gestion et les sciences économiques. Certaines recherches interdisciplinaires actuellement en cours dans plusieurs centres de recherche académiques (MIT Media Lab (agents.media.mit.edu), Center for Design Research de l'Université de Stanford (www-cdr.stanford.edu/ABE/abe.html) ou de grandes entreprises (IBM (www.research.ibm.com/iagents/), Parc

Alto Research Center de Xerox (www.parc.com) laissent entrevoir un futur proche où des agents plus sophistiqués verront le jour.

Bien entendu, la mise en place d'agents commerçants plus performants est susceptible de contribuer à l'émergence d'un nouveau visage du commerce électronique sur l'internet. Un certain nombre de chercheurs s'interrogent sur le fait de savoir si la mise en place d'agents électroniques plus performants conduira à une simple évolution du commerce traditionnel ou révolutionnera les pratiques commerciales existantes (Bakos, 1997; West *et al.*, 1999). Dans le domaine informatique, les agents intelligents sont largement reconnus comme les initiateurs d'une révolution puisqu'ils représentent une manière complètement nouvelle de concevoir les applications informatiques (Maes, 1999). Animés par « de vieux rêves de concevoir de vrais assistants intelligents » (Foner, 1997), certains chercheurs anticipent une révolution commerciale due à la technologie agent (Greenwald et Kephart, 1999; Vulkan, 1999). Néanmoins, à l'heure actuelle, cette prédiction semble bien optimiste car les agents électroniques existants ou en cours de conception, représentent plutôt une évolution de certains modèles commerciaux déjà existants en retranscrivant sur l'internet une fonction d'intermédiation couramment rencontrée sur les marchés traditionnels. En effet, depuis fort longtemps, bien avant l'apparition des marchés électroniques et de l'internet, les individus ont eu recours à des agents ou des intermédiaires (agences de voyage, conseillers financiers, journaux de petites annonces, etc.) pour les aider à réaliser certaines tâches et/ou pour les assister dans leur décision d'achat. Généralement,

ces différents agents pallient certaines de nos contraintes (manque de temps, manque de connaissance, etc.) ou notre manque d'information lorsque nous devons réaliser certains achats. Sur l'internet, les agents électroniques ont un objectif similaire en aidant les consommateurs à localiser, filtrer et analyser l'information de manière plus performante. Bien entendu, cette évolution engendrée par les agents électroniques n'est pas une simple retranscription sur l'internet d'une réalité existante sur les marchés physiques. En effet, en raison de leur fort potentiel à synthétiser l'information, les agents électroniques peuvent, au moins sur certains types de marchés électroniques, conduire à une réduction du rôle des intermédiaires classiques et modifier les règles d'interaction entre les participants. Par exemple, leur présence sur l'internet est susceptible d'influencer l'efficacité des marchés de produits homogènes en aug-

mentant la concurrence entre les entreprises et en améliorant le bien-être des consommateurs (Bakos, 1997). Par ailleurs, en permettant aux vendeurs de collecter une importante quantité d'information sur leurs clients, les agents favorisent la mise en place d'un marketing personnalisé en temps réel qui deviendra central dans la stratégie marketing des sites marchands (West *et al.*, 1999). Même si les agents électroniques ne modifient pas de manière fondamentale le commerce d'aujourd'hui, tous ces aspects contribuent à l'incertitude quant à leur impact futur. En dépit des difficultés à formuler des prédictions fiables concernant la démocratisation de l'utilisation des agents intelligents dans le cadre du commerce électronique, les chercheurs se doivent d'analyser, dès à présent, leurs rôles potentiels afin de guider le choix stratégique des différents acteurs du marché.

BIBLIOGRAPHIE

- J. Alba, J. Lynch, B. Weitz, L. Janiszewski, A. Sawyer et S. Wood, "Interactive Home Shopping: Consumer, Retailer and Manufacturer Incentives to Participate in Electronic Marketplaces", *Journal of Marketing*, vol. 61, 1997, p. 38-53.
- J. Y. Bakos, "Reducing Buyer Search Costs: Implications for Electronic Marketplaces", *Management Science*, vol. 43, n° 12, 1997, p. 1676-1692.
- K. Binmore et N. Vulkan, "Applying Game Theory to Automated Negotiation", *Netnomics*, vol. 1, n° 1, 1999, p. 1-9.
- E. Brynjolfsson et M. D. Smith, "Frictionless Commerce? A Comparison of Internet and Conventional Retailers", *Management Science*, vol. 46, n° 4, 2000, p. 563-585.
- A. Chavez et P. Maes, "Kasbah: An Agent Marketplace for Buying and Selling Goods", *Proceedings of the First International Conference on the Practical Application of Intelligent Agents and Multi-Agent Technology*, London, UK, 1996.
- R. Clarke, "Internet Privacy Concern Confirm the Case for Intervention", *Communications of the ACM*, vol. 42, n° 2, 1999, p. 60-67.

- J. B. DeLong et A. M. Froomkin, "The Next Economy? ", *Internet Publishing and Beyond: The Economics of Digital Information and Intellectual Property*, Hurley D., Kahin B. et H. Varian (eds.), MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 1998.
- L. Deveaux, C. Paraschiv et M. Latourrette, "Bargaining on an Internet Agent-based Market: Behavioral vs. Optimizing Agents", *Electronic Commerce Research*, vol. 1, n° 4, 2001, p. 371-401.
- O. Etzioni et D. S. Weld, "Intelligent Agents on the Internet: Fact, Fiction, and Forecast", *IEEE Expert/Intelligent Systems and Their Applications*, vol. 10, n° 4, 1995, p. 44-49.
- P. Faratin, C. Sierra et N. R. Jennings, "Negotiation Decision Functions for Autonomous Agents", *Journal of Robotics and Autonomous Systems*, vol. 24, n°3-4, 1998, p. 159-182.
- D. Fensel et V. R. Benjamins, "The Role of Assumptions in Knowledge Engineering.", *International Journal on Intelligent Systems*", vol. 13, n° 7, 1998, p. 715-748.
- J. Ferber, *Les systèmes multi-agents: Vers une intelligence collective*, Inter-Editions, Paris, 1995.
- L. N. Foner, "What's an Agent Anyway: A Sociological Case Study", Proceedings of the *First International Conference on Autonomous Agent*, Marina del Rey, USA, 1997.
- S. Franklin et A. Grasser, "Is it an Agent or Just a Program?: A Taxonomy for Autonomous Agent", Proceedings of the *Third International Workshop on Agent Theories, architecture and language*, Springer Verlag, Berlin, 1996.
- R. Guttman, A. Moukas et P. Maes, "Agent-mediated Electronic Commerce: A Survey", *Knowledge Engineering Review*, vol. 13, n° 2, 1998, p. 147-159.
- A. Greenwald & J. Kephart, "Shopbots and Pricebots", Proceedings of the *International Joint Conference on Artificial Intelligence*, Stockholm, Sweden, 1999.
- T. Gruber, "What is an Ontology?", <http://www.ontology.org/main/papers/faq.html>, 1997.
- J. Jacoby et L. B. Kaplan, "Components of perceived risk: A Cross-Validation", *Journal of Applied Psychology*, n° 3, 1974, p. 287-291.
- N. R. Jennings et M. J. Wooldridge (eds.), *Agent Technology*, Springer, Berlin, 1998.
- D.L. Hoffman et T. P. Novak, "Marketing in Hypermedia Computer-Mediated Environments: Conceptual Foundations", *Journal of Marketing*, vol. 60, n° 3, 1996, p. 50-68.
- R.L. Keeney et H. Raiffa, *Decision with Multiple Objectives: Preferences and Value Trade-offs*, Wiley et Sons, New-York, 1976.
- F. Lorentz, « Commerce électronique: une nouvelle donne pour les consommateurs, les entreprises, les citoyens et les pouvoirs publics », Rapport pour le ministère de l'Économie et des Finances, 1998.
- P. Maes, "Intelligent Software", Proceedings of the *International Conference on Intelligent User Interfaces*, Orlando, USA, 1997, p. 41-43.
- P. Maes, "Smart Commerce: The future of Intelligent Agents in Cyberspace", *Journal of Interactive Marketing*, vol. 13, n°3, 1999, p. 66-76.
- P. Maes, R. Guttman et A. Moukas, « Agents that Buy and Sell », *Communications of the ACM*, vol. 42, n° 3, 1999, p. 81-87.

- N. Matos, C. Sierra et N. R. Jennings, "Determining successful negotiation strategies: an evolutionary approach", Proceedings of the *Third International Conference on Multi-Agent Systems*, Paris, France, 1998, p. 182-189.
- R. P. McAfee et J. McMillan, "Auctions and Bidding", *Journal of Economic Literature*, vol. 25, n° 2, 1987, p. 699-738.
- A. Moukas, R. Guttman et P. Maes, "Agent-mediated Electronic Commerce: An MIT Media Laboratory Perspective", Proceedings of the *First International Conference on Electronic Commerce*, Seoul, Korea, 1998.
- H. S. Nwana, "Software Agents: An Overview", *Knowledge Engineering Review*, vol. 11, n° 3, 1996, p. 205-244.
- D. G. Pruitt, *Negotiation Behavior*, Academic Press, New-York, 1981.
- M. K. Reiter et A. D. Rubin, "Anonymous Web transactions with Crowds", *Communications of the ACM*, vol. 42, n° 2, 1999, p. 32-38.
- C. Revelli, *Intelligence stratégique sur Internet*, Dunod, Paris, 2000.
- J. S. Rosenschein et G. Zlotkin, *Designing Conventions for Automated Negotiation among Computers*, The MIT Press, Cambridge, 1994.
- H. Simon, *Models of Bounded Rationality*, MIT Press, Cambridge, 1982.
- M. D. Smith, J. Bailey et E. Brynjolfsson, "Understanding Digital Markets: Review and Assessment", *Understanding the Digital Economy*, Brynjolfsson E. et Kahin B. (eds), MIT Press, Cambridge, 2000, p. 99-137.
- S. Spiekermann et C. Paraschiv, "Motivating Human Agent Interactions: Transferring Insights from Behavioral Marketing to Interface Design", *Electronic Commerce Research*, n° 2, 2002, p. 255-285.
- H. Varian, "Mechanism Design for Computerized Agents", Working Paper, Haas School of Business, 1995.
- N. Vulkan, "Economic Implications of Agent Technology and E-Commerce", *The Economic Journal*, vol. 109, 1999, p. F67-F90.
- M. Wooldridge et N. R. Jennings, "Intelligent Agents: Theory and Practice", *Knowledge Engineering Review*, vol. 10, n° 2, 1995, p. 115-152.
- P. M. West, D. Ariely, E. Bellman, J. Huber, E. Johnson, B. Kahn, J. Little et D. Schkade, "Agent to the Rescue?", *Marketing Letters*, vol. 10, n° 3, p. 285-300, 1999.
- D. Zeng et D. Sycara, "Bayesian Learning in Negotiation", *International Journal of Human-Computer Studies*, vol. 48, 1998, p. 125-141.
- R. Vinaja et M. S. Raisinghani, "Social, Ethical and Legal Implications of Intelligent agent technology in Electronic Commerce", Proceedings of the *5th INFORMS Conference on Information Systems and Technology*, San Antonio, USA, 2000.
- B. G. Yovovich, "Smart Agents Do the Shopping: Sophisticated Tools Wending the Web in Search of Bargains", *Advertising Age*, 1995, p. 8.