

1. Introduction

Dans le contexte actuel du Cloud Computing, la gestion des applications E-Business dans le Cloud est un mécanisme important nécessitant un travail de médiation de haut niveau. De ce fait, les Système Mutli-Agents apparaissent comme une bonne solution pour ce travail de médiation vue leurs capacités d'intelligence, de raisonnement et de coopération. Nous allons présenter dans ce chapitre le domaine des SMA en motionnant leur contribution dans la gestion des applications E-business au-dessous du Cloud Computing.

2. Définition de L'Agent

Un agent est une entité autonome, réelle ou abstraite, qui est capable d'agir sur elle-même et sur son environnement, qui, dans un univers multi-agents, peut communiquer avec d'autres agents, et dont le comportement est la conséquence de ses observations, de ses connaissances et des interactions avec les autres agents (Ferber, 1995).[20]

2.1. Caractéristiques

Les différentes caractéristiques de l'entité agent peuvent être résumées dans la définition suivante : « un agent est un système informatique situé dans un environnement, et qui agit de façon autonome et flexible pour atteindre les objectifs pour lesquels il a été conçu ». (jar 03)[22]

2.1.1. L'autonomie

C'est la caractéristique la plus intéressante de l'agent. En effet, l'agent est capable d'agir sans aucune intervention et il contrôle son comportement ainsi que son état interne, autrement dit, l'agent est dit autonome dans le sens où le concepteur du système ne pilote pas son comportement c'est-à-dire l'agent décide lui-même quelle action à entreprendre parmi celles qui sont possibles.

L'autonomie de l'agent rend son comportement indéterministe, c'est-à-dire aucun autre agent ne peut observer ou modifier sa partie décisionnelle et donc prédire ses comportements. L'agent choisi son comportement en fonction des ces perceptions, il se comportera différemment en fonction de ces dernières. L'agent peut être vu comme une boîte noire, on ne peut observer que les comportements externes.

2.1.2 La situation

Les agents sont situés dans un environnement contenant également des entités passives, manipulées par les agents (par exemple : des ressources, des données, des objets physiques...) et communément appelées objets. L'agent est capable d'agir sur son environnement qu'il peut percevoir grâce à ses entrées sensorielles. L'agent doit s'adapter sans cesse aux changements de son entourage qui pourraient modifier de façon pertinente son comportement à tous les niveaux (objectif, plan, action...etc.).

2.1.3 La flexibilité

L'agent est capable de réaliser des actions d'une façon autonome et réflexible afin d'atteindre les objectifs qui lui ont été fixés. La réflexibilité signifie dans ce cas:

- la réactivité : l'agent est capable de percevoir les changements dans son environnement, et doit élaborer une réponse dans les temps requis (changer son état interne, exécuter une tâche particulière...etc.).
- la pro-activité : l'agent doit exhiber un comportement proactif, opportuniste et orienté objectifs, c'est-à-dire il n'agit pas uniquement en réponse à son environnement mais, il est également capable de prendre l'initiative au "bon" moment.
- la sociabilité: l'agent doit être capable d'interagir avec les autres agents (logiciels et humains) quand la situation l'exige afin de compléter ses tâches ou aider ces agents à accomplir les leurs.

2.2. Classification des agents

Trois grandes catégories d'agents peuvent être distinguées : Les agents réactifs, Les agents cognitifs et Les agents hybrides. [23]

2.2.1. Les agents réactifs

Les agents réactifs sont les plus sommaires. Ils ont un comportement du type « stimulus – réponse ». L'agent réactif ne possède pas une représentation complète de son environnement et n'est pas capable de tenir compte de ses actions passées.

Les systèmes multi-agents constitués uniquement d'agents réactifs possèdent un grand nombre d'agents. La convergence du comportement de l'ensemble des agents vers un état décisionnel stable n'est pas forcément assurée, et si un état stable est atteint, il n'est pas sûr qu'il s'agisse de la solution optimale.

2.2.2. Les agents cognitifs

Les agents cognitifs sont plus évolués. Ils sont le résultat direct des recherches menées dans le domaine de l'intelligence artificielle. Les agents cognitifs ont une représentation globale de leur environnement et des autres agents avec lesquels ils communiquent. Ils savent tenir compte de leur passé et s'organisent autour d'un mode social d'organisation.

Les systèmes multi-agents constitués uniquement d'agents cognitifs sont constitués d'un nombre d'agents assez faible. Ils réclament des ressources plus importantes que les systèmes d'agents réactifs. La convergence du système vers un état décisionnel stable n'est pas non plus assurée par l'utilisation de ce type d'agents, mais ils permettent de résoudre des problèmes plus complexes et nécessitant une plus grande abstraction.

2.2.3. Les agents hybrides

Combinaison des deux, il est conçu pour allier des capacités réactives à des capacités cognitives, ce qui lui permet d'adapter leur comportement en temps réel à l'évolution de leur univers.

3. Les systèmes Multi-Agents

Usuellement, un système est un ensemble organisé d'éléments concourant à la réalisation d'une tâche donnée. En suivant cette définition on peut définir immédiatement le système Multi Agents comme étant un ensemble organisé d'agents se chargeant de réaliser un but commun. Les systèmes Multi Agents sont des systèmes distribués conçus et implantés idéalement comme un ensemble d'agents interagissant, le plus souvent, selon des modes de coopération, de concurrence et de coexistence (Jar 03).[22]

3.1. Caractéristiques des systèmes Multi-Agents

Un système Multi Agents possède généralement les caractéristiques suivantes :

- Il n'y a pas de contrôle global du système.
- Les données sont décentralisées.
- Le calcul est asynchrone.
- Chaque agent a des informations ou des capacités de résolution limitées de problème, ainsi chaque agent a un point de vue partiel.

3.2. Interaction dans un système Multi-Agents

3.2.1. Définition de l'interaction

Un système Multi Agents est un système intelligent constitué d'une multitude d'agents, chacun d'eux est chargé de réaliser ses propres buts afin d'atteindre le but global du système. La cohérence du système et son intelligence ne viennent pas de l'intelligence de ses agents, mais de leurs interactions.

Jacques Ferber définit l'interaction comme : "une mise en relation dynamique de deux ou plusieurs agents par le biais d'un ensemble de relations réciproques.

Les interactions sont non seulement la conséquence d'actions effectuées par plusieurs agents en même temps, mais aussi l'élément nécessaire à la constitution d'organisations sociales" (Ferber, 95). [24]

En général, les interactions sont mises en œuvre par un transfert d'informations entre agents ou entre l'environnement et les agents ; soit par perception, soit par communication. L'interaction entre les agents apparaît sous plusieurs modes, qui sont la coopération, la coordination et la négociation.

3.2.2. La coopération

Parmi les caractéristiques fondamentales d'un système Multi Agents, on trouve la distribution du travail entre les différents agents qui le constituent, ou chacun d'eux se charge de réaliser ses propres buts (qui sont un sous-problème du problème global). Chaque agent possède un ensemble de compétences qui lui permettent de résoudre les différents problèmes, mais il existe des situations où ses capacités et ses compétences ne suffisent pas à accomplir certaines tâches (ou bien il ne dispose pas des moyens nécessaires) donc il aura besoin de l'intervention d'un autre agent du système qui va l'aider à résoudre le problème, c'est-à-dire qu'il y'a une coopération pour faire évoluer le système vers ses objectifs. La coopération consiste, donc, à faire participer plusieurs agents pour satisfaire un but individuel ou commun.

Jacques Ferber définit la coopération entre plusieurs agents comme "une situation dans laquelle, soit l'ajout d'un nouvel agent permet d'accroître les performances du groupe, soit l'action des agents sert à éviter ou à résoudre des conflits potentiels ou actuels "[Ferber 95]. [24]

3.2.3. La négociation

Les buts des agents dans un système Multi Agents peuvent être incompatibles et leurs demandes sont parfois contradictoires : dans une situation de jeu, chacun cherche à être gagnant mais la réalisation de ce but pour un des joueurs rend impossible la réalisation du but des autres joueurs , Les ressources dont les agents ont besoin peuvent être rares et l'utilisation d'une ressource par un des agents peut empêcher un autre agent de réaliser son but...etc. Ces situations et d'autres empêchent l'avancement désirable du système. Il faut, donc, trouver un moyen qui permette à chaque agent de poursuivre son travail : les agents doivent négocier la solution.

On définit la négociation comme le processus d'améliorer les accords (en réduisant les inconsistances et l'incertitude) sur des points de vue communs ou des plans d'action grâce à l'échange structuré d'informations pertinentes.

Contrairement à la coopération qui suppose la sociabilité des agents, la négociation correspond à la collaboration entre agents en univers compétitif. La négociation est un mécanisme puissant pour gérer les dépendances inter agents ou le processus par lequel un groupe d'agents arrive à une décision mutuelle acceptable sur un sujet donné, elle représente un axe fondamental qui distingue un agent d'un objet.

Pour mener à bien le processus de négociation, il est nécessaire de suivre un protocole qui facilite la convergence vers la solution, la négociation est caractérisée en général par un protocole minimal d'actions qui est : proposer, évaluer, accepter ou refuser une solution.

3.2.4. La coordination

Quand les agents utilisent des ressources communes ou résolvent des problèmes qui ne sont pas complètement indépendants mais liés et complémentaires, les agents du système doivent accomplir en plus de leurs tâches de résolution des problèmes individuels, des tâches supplémentaires (appelées tâches de coordination) qui améliorent le fonctionnement du système.

Jacques Ferber donne la définition suivante : "la coordination d'actions dans un système Multi-Agents est définie comme l'ensemble des tâches effectuées par les agents pour réaliser les autres actions (actions effectives) dans les meilleures conditions"[Ferber 95]. [24]

La coordination entre les agents d'un système apparaît sous deux formes distinctes, elle sert d'une part à éviter les problèmes, et à améliorer le fonctionnement du système d'autre part.

Sa première forme consiste à bien coordonner les plans de fonctionnement des agents pour assurer une meilleure gestion des ressources (notamment celles qui sont rares) et éviter les conflits d'accès, c'est la coordination due à la gêne. Sa deuxième forme est la coordination due à l'aide, comme le signifie son nom, les agents doivent synchroniser leurs actions, et échanger les résultats qui sont nécessaires au fonctionnement des autres.

3.3. Communication dans les systèmes Multi-Agents

La communication représente la base de réalisation de tous les modes d'interaction qu'on a vue précédemment, soit la négociation ou bien la coordination. [29]

Elle est définie comme une forme d'action locale d'un agent vers d'autres agents. Les questions abordées par un modèle de communication peuvent être résumées par l'interrogation suivante : qui communique, quoi, à qui, quand, pourquoi, et comment ?

Il existe principalement deux modes de communication :

- Communication par envoi de messages.
- Communication par tableau noir.

4. Les Agents Intelligents dans le Cloud Computing

Une nouvelle discipline, appelée Cloud Computing à base d'agents est apparue pour fournir des solutions fondées sur la conception et le développement des agents pour améliorer les ressources de Cloud et la gestion des services et de la découverte, la négociation, et la composition de services. Les Agents autonomes peuvent gérer le Cloud plus intelligemment dans l'interaction avec les utilisateurs et plus efficacement dans l'allocation des traitements et le stockage de données.

Dans une plate-forme de Cloud Computing PaaS, les clients pourraient louer plusieurs machines virtuelles contenant des ressources de base ainsi qu'un "agent économique" permettant l'ajout de ressources supplémentaires. L'agent "prendra des décisions sur la base des prix courant de ces ressources, de la charge que la machine doit gérer, et de l'évaluation subjective du client de ces différentes ressources au cours du temps." Les logiciels des fournisseurs de services de Cloud Computing pourront également incorporer des agents économiques pour défendre leurs propres intérêts. Les agents des clients pourraient également négocier avec ceux contrôlés par d'autres clients qui pourraient avoir des ressources supplémentaires à vendre. Les prix des différents types de ressources se décideraient ainsi en fonction du marché selon la loi de l'offre et de la demande.

Alors que dans les infrastructures Paas, l'agent peut jouer un rôle efficace dans le déploiement et l'exécution d'environnements de programmation que les développeurs utilisent pour la mise en œuvre de l'application. [25]

Dans les infrastructures IaaS, les agents peuvent être utilisés pour aider à l'approvisionnement intelligent des ressources de base pour les applications d'utilisateur

5. Les Agents Intelligents dans le Business électronique

Les agents intelligents constituent une technologie puissante pour aborder les problèmes dynamiques complexes comme la tarification dynamique ou la négociation automatisée. La majorité de la littérature informatique sur les systèmes multi agents pour le commerce électronique considère des agents qui disposent de règles de choix très simples inspirées par les comportements humains.

Il existe plusieurs types d'agents qui contribuent dans la gestion des applications e-business parmi lesquels nous pouvons citer :

5.1. 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 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. [26]

5.2. Agents de recherché d'information

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

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.

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 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.

5.3. 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.

5.3.1. 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. Ce mécanisme est particulièrement bien adapté pour des produits rares ou d'occasion.

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

5.3.2. 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). [27]

Les acheteurs et les 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).

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) [28]. 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 (Rosenschein et Zlotkin, 1994). [27] Les marchés existants diffèrent selon le protocole de négociation utilisé et la manière de programmer la stratégie de négociation des agents.

Le comportement des agents acheteurs ou vendeurs est spécifié par leurs utilisateurs à travers quatre contraintes :

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.

5.4. Agents d'application

Une application e-business est un système en réseau qui comprend un grand nombre d'agents d'application. Chaque agent est spécialisé dans un seul secteur d'expertise et fournit l'accès aux informations et les sources de connaissance disponibles dans son domaine de travail coopérativement avec d'autres agents pour résoudre un problème complexe. [4]

5.5. Agents d'Interface

Les agents d'interface disposent d'une autonomie et d'une capacité à apprendre. Ils sont caractérisés par la métaphore d'assistant personnel collaborant avec l'utilisateur dans le même environnement. Alors que les agents collaboratifs collaborent avec les autres agents, les agents d'interface collaborent avec l'utilisateur. La collaboration avec l'utilisateur ne nécessite pas l'existence explicite d'un langage de communication entre agents comme dans le premier cas. Les agents d'interface apprennent les préférences des utilisateurs afin de mieux les assister.

5.6. Agents Mobiles

Les agents mobiles sont une catégorie particulière des agents logiciels dont la caractéristique prédominante est leur capacité de se transporter entre les noeuds d'un réseau ou de plusieurs réseaux. Les agents mobiles (ou transportables) sont une extension directe du paradigme client/serveur. Dans ce paradigme, les entités communicantes ont des rôles fixes et bien définis. Un serveur offre des services alors que le client procède à leur utilisation. La communication qui prend place entre le client et le serveur est basée sur un échange de messages, obligeant les programmeurs à gérer divers aspects liés à la communication comme les adresses réseaux et les points de synchronisation. [29]

6. Le protocole de négociation

Est un ensemble de règles d'interaction entre les agents, les états et les actions de la négociation.

Les règles d'interaction incluent :

- Agents autorisés à participer : leur nombre et le rôle de chacun
- États possibles : ouverture, accord, clôture, etc.
- Évènements de transition entre états : délai maximum écoulé, offre acceptée, etc.
- Actions valides des participants à un état donné : proposer une offre, accepter, rejeter, contre-proposer, etc.

Varier ces règles permet d'obtenir un nombre énorme de protocoles

7. Conclusion

Nous avons présenté dans ce chapitre le paradigme agent avec ses puissantes spécificités qui peuvent être exploitée pour donner le plus aux applications e-business notamment celles fonctionnant au-dessous du Cloud Computing. Dans ce qui suit nous allons proposer notre architecture à base d'agent pour la gestion des applications E-business au-dessous du Cloud Computing. Les applications concernées par cette architecture s'inscrivent dans le cadre des entreprises virtuelles.