

Rôles des SMA

- Résoudre un problème de manière distribuée : systèmes multi-experts.
 - Les actions des agents sont des transformations d'objets liées à la description d'un problème.
 - agents plutôt rationnels
- Simulation de phénomènes complexes.
 - Les agents simulent des actions physiques, biologiques ou sociales qui produisent des modifications du monde représenté. Ex : simulation des épidémies, écosystèmes (proies / prédateurs).
 - Agents plutôt réactifs.
- Gérer et maintenir un environnement de travail.
 - Les actions physiques ou sociales réalisées par les agents sont des actions réelles, elles évoluent dans le temps et modifient le monde : robots footballeurs, agents négociant un rendez-vous au profil de l'utilisateur.
 - Agents plutôt cognitifs et sociaux.

Un agent

« On appelle agent un système mécanique, biologique ou logiciel qui interagit avec son environnement ». Anne Nicole.

Par exemple :

- une imprimante peut être vue comme un agent mécanique qui réagit à des commandes et produit des actions en retour.
- Les plantes, les animaux, les humains sont des agents biologiques ayant plus d'autonomie, qui absorbent des nutriments, qui respirent, qui se transforment et qui transforment leur environnement.
- Les agents logiciels sont des programmes autonomes, mis en route sur une machine, qui perçoivent certains éléments de leur environnement par les flots d'entrée (clavier, souris, capteurs) et agissent par leur flot de sortie (affichages sur l'écran, commande de machine physique, contrôle de processus).

Quelques définitions

- Un agent est une entité qui perçoit son environnement et agit sur celui-ci" (Russell, 1997);
- Un agent est un système informatique, situé dans un environnement, et qui agit d'une façon autonome pour atteindre les objectifs (buts) pour lesquels il a été conçu (Wooldrige et Jennings, 1995).
- Les agents intelligents sont des entités logiciels qui réalisent des opérations à la place d'un utilisateur ou d'un autre programme, avec une sorte d'indépendance ou d'autonomie, et pour faire cela ils utilisent une sorte de connaissance ou de représentation des buts ou des désires de l'utilisateur." (L'agent IBM);

Quelques définitions

- Un agent est une entité qui fonctionne continuellement et de manière autonome dans un environnement où d'autres processus se déroulent et d'autres agents existent."

(Shoham, 1993);

- 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).

Les Caractéristiques

On appelle agent une entité physique ou virtuelle qui possède tout ou partie des fonctionnalités suivantes :

- est capable d'agir dans un environnement
- peut communiquer avec d'autres agents
- est mue par un ensemble de tendances
- possède des ressources propres
- est capable de percevoir son environnement
- possède des compétences et offre des services
- Dont le comportement tend à satisfaire ses objectifs.

Différence entre un agent et un objet

- Il est intéressant de remarquer qu'un agent n'est pas un objet. Wooldridge présente trois différences fondamentales (Wooldridge 1999).
- La première différence est qu'une entité extérieure peut manipuler directement l'état interne d'un objet (avec des attributs publics par exemple) alors qu'on ne peut pas manipuler l'état interne d'un agent ni l'obliger à effectuer une fonction.
- La deuxième différence est le caractère autonome du comportement d'un agent contrairement à un objet qui reçoit des ordres.
- La troisième différence concerne l'exécution des comportements. Dans le cas d'un agent, l'exécution ne dépend que de lui. Alors que dans le cas d'un objet, cela dépend du système (plateforme logicielle par exemple) auquel il appartient et qui planifie ses temps et durées d'exécution.

Agent intelligent

- Parler d'agent intelligent nous amène à nous questionner sur ce qu'est l'intelligence, ainsi que sur la différence entre un agent intelligent et un simple agent. Pour Wooldridge, un agent est considéré comme intelligent lorsqu'il est capable d'effectuer des actions flexibles de manière autonome par rapport à ses objectifs (Jennings 1995, Wooldridge 1999). Et par flexible il signifie la réactivité, la pro-action, et la sociabilité :
- La réactivité : l'agent intelligent doit réagir dans un temps raisonnable aux changements de l'environnement.
- La pro-action : l'agent intelligent prend l'initiative d'un comportement tendant vers un but précis.
- La sociabilité : l'agent intelligent doit être capable d'interagir avec d'autres agents intelligents.
- Il en ressort une caractéristique très importante et propre à un agent intelligent, c'est l'autonomie.

Environnement

L'environnement est l'univers dans lequel l'agent évolue et effectue des tâches. Et quand on parle d'environnement, on parle d'environnement de tâches. Et ces environnements de tâches sont en fait les problèmes que les agents vont devoir résoudre. Baissier synthétise plusieurs descriptions d'un environnement, qui peut être un espace de déplacement, un ensemble de ressources et de données disponibles, un milieu d'interaction avec ses propres lois, un espace où sont réalisées les actions, etc... (Baissier, 200 1). En résumé, bien définir l'environnement revient à bien définir le problème, ce qui est primordial avant toute tentative de résolution de problème.

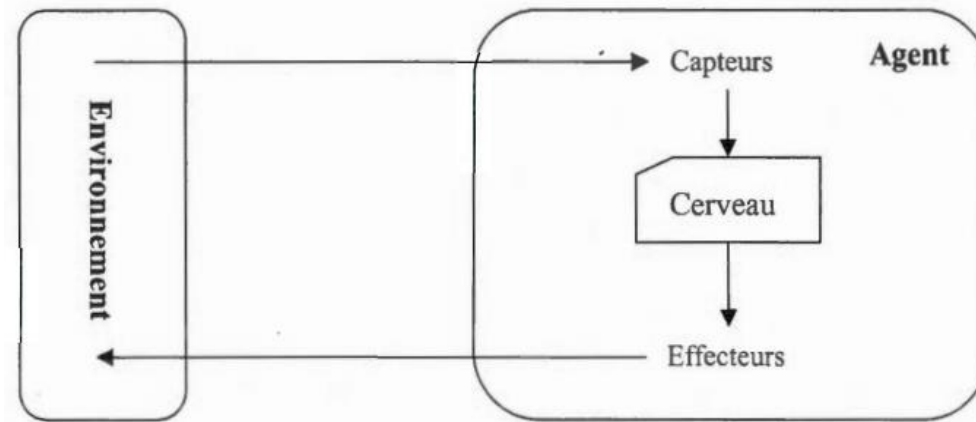


Figure 1. Un agent interagit avec son environnement grâce à ses capteurs et ses effecteurs.

Capteurs et perceptions chez un agent

Les capteurs sont une caractéristique fondamentale des agents, et notamment pour la notion de perception. Les capteurs sont des mécanismes sensoriels permettant à l'agent de disposer d'un certain type d'information sur ce qui l'entoure. Voici quelques exemples de capteurs classiques par rapport à des sens connus chez l'être humain: des yeux ou des détecteurs infrarouges pour la vision, des oreilles ou un micro ou des détecteurs de pressions de l'air pour l'audition, des détecteurs de pressions pour le toucher, des détecteurs d'acidité ou de salinité pour le goût.

La fonction d'un capteur est de transformer un phénomène physique en un signal. Ce signal, qui est la forme d'un stimulus qui est perçue par un capteur, est ce que l'on appelle un percept. Il est intéressant de noter la différence entre un percept et un stimulus. Le stimulus est le phénomène physique qui peut déclencher un percept, tandis que le percept est l'information perçue suite à la conversion par le capteur.

Effecteurs

Les effecteurs sont, à l'instar des capteurs, une autre caractéristique fondamentale des agents. Ils permettent à l'agent d'agir sur son environnement. Selon le niveau de détail utilisé et selon le type d'agent étudié, la définition peut varier. Un effecteur peut être :

- Un outil, une perceuse par exemple.
- Un organe de **préhension**, comme une pince mécanique.
- Les membres locomoteurs, permettant à l'agent de se déplacer dans son environnement, sont aussi des effecteurs.
- Un morceau de code qui exécute une action menant à la modification de l'environnement.

Mais il est possible de donner une définition générale couvrant tous les types d'effecteurs : un effecteur est un dispositif propre à l'agent, lui permettant l'action, la locomotion ou la préhension dans et sur son environnement.

Un organe de préhension définit un membre, organique ou mécanique, permettant la saisie

d'objets dans l'environnement: la pince d'un robot ou la main d'un être humain sont des organes de préhension.

L'autonomie d'un agent

Pour comprendre ce qu'est l'autonomie chez les agents, nous allons voir ce qui concerne les connaissances ainsi que l'apprentissage. Par ailleurs, comme nous l'avons déjà brièvement vu, l'autonomie est une des caractéristiques qui différencie un agent d'un objet (Wooldridge, 1999, Weiss 1999).

Tout d'abord il y a plusieurs manières pour un agent d'avoir des connaissances. Il y a celles qui lui sont innées, c'est-à-dire celles que les concepteurs auront implantées au préalable, et il y a celles provenant des percepts, que l'agent peut acquérir (Ferguson, 1994).

L'apprentissage devient nécessaire, l'agent doit apprendre à partir de ces percepts. L'apprentissage permet d'accumuler des connaissances sur l'environnement, mais permet aussi de modifier des comportements, des actions, afin d'affiner les comportements et maximiser la performance. Cette accumulation de connaissances et de modifications des comportements définit 1 'expérience propre à un agent (Russell et Norvig, 2006).

Moins un agent a d'expérience, et plus il dépend des connaissances innées (celles qui sont définies par ses concepteurs), alors il manque d'autonomie. L'autonomie d'un agent est donc liée à sa dépendance aux connaissances innées ou à celles qu'il se construit par lui-même grâce à ses percepts. En résumé, moins un agent dépend de connaissances qu'on lui écrit et plus il est autonome.

Mesure de performance et rationalité chez un agent

Un agent agents rationnel est un agent capable de toujours effectuer la ou les actions appropriées pour chaque cas. Le fait d'analyser si une action est appropriée ou non nous amène à la performance d'un agent, et de la mesure de cette performance.

A - Mesure de performance

Dans son environnement, l'agent reçoit des percepts et peut donc générer une séquence d'actions. Cette séquence d'actions définit en quelque sorte son comportement pour la tâche à effectuer. Et une manière simple de définir le succès d'un comportement est de voir si l'environnement est bien dans l'état recherché, ou passe bien par les états voulus, après l'application du comportement par l'agent. On en déduirait donc le bienfondé ou non du comportement en fonction de ces différents états de l'environnement.

B - Rationalité

Plusieurs facteurs permettent de déterminer la rationalité à un instant donné :

- L'ensemble des connaissances (acquises ou innées) dont l'agent dispose sur son environnement.
- L'ensemble des actions qu'il peut effectuer dans cet environnement.
- La séquence de percepts à l'instant donné.
- La mesure de performance définissant le succès ou non d'une tâche.

Suite à l'énumération des quatre facteurs permettant de déterminer ce qui est rationnel ou non, nous pouvons clairement définir ce qu'est un agent rationnel tel que S. Russell et P. Norvig l'ont proposé : « Pour chaque séquence possible de percepts, un agent rationnel doit sélectionner une action susceptible de maximiser sa mesure de performance, compte tenu des observations fournies par la séquence de percepts et de la connaissance dont il dispose. » (Russell et Norvig 2006).

L'objectif chez un agent

Chez un agent, l'objectif est ce qui le pousse à agir. Nous pouvons nous demander ce que ferait un agent sans fonction, sans objectif à satisfaire. Il est possible qu'il ne fasse rien, il est possible qu'il agisse de manière chaotique ou incohérente, mais son comportement ne paraîtrait en rien rationnel pour l'environnement dans lequel il se trouve du fait de son absence de raison d'être.

La communication chez un agent

Chez les agents, la communication est une forme d'interaction (nous verrons plus en détails la notions d'interaction dans le chapitre 3). Cette possibilité de communiquer permet l'échange d'informations, et donc de connaissances. La communication rend également possible la coopération entre agents, par exemple quand plusieurs agents ont des objectifs complémentaires. Bien entendu, pour que la communication soit effective chez les agents, il faut qu'ils aient un protocole commun de communication ainsi qu'un canal commun et ce, afin d'assurer la cohérence dans les échanges d'informations.

Le raisonnement d'un agent

De manière générale, le raisonnement se définit comme étant un processus cognitif permettant de vérifier des prédicats ou bien d'en obtenir de nouveaux grâce à des mécanismes logiques comme l'inférence, l'induction, l'abduction, la déduction. Chez les agents rationnels, le raisonnement peut utiliser ces différentes logiques à condition qu'ils aient été conçus avec cette possibilité. Nous verrons dans le chapitre 3 les typologies et architectures des agents, qui permettent à l'agent d'avoir des raisonnements adaptés à leur environnement de tâche.

Catégories d'agents

Les agents sont répartis en deux grandes catégories : les agents réactifs. et les agents cognitifs. La différence entre ces deux catégories d'agents concerne la représentation que peut avoir un agent de son environnement.

A - Agents réactifs

La catégorie des agents réactifs, décrite par R. A. Brooks, comprend tous les agents dont la représentation de l'environnement n'est que sub-symbolique (Brooks, 1991). Cela signifie que la représentation provient uniquement des perceptions de l'agent, du monde « visible » à l'instant courant. Il n'y a pas de raisonnement à proprement parler dans cette catégorie d'agents puisque l'on est dans une configuration du type stimulus/action : stimulus--> percept--> action. L'agent réagit aux évènements dans l'environnement mais n'a pas de mémoire et ne peut donc ni prendre le passé en compte, ni prévoir au-delà du court terme.

Le principe d'un agent réactif permet la construction de systèmes composés de nombreux petits agents, qui sont des automates. Les interactions des agents entre eux permettent l'émergence de structures d'une couche d'abstraction supérieure qui sont potentiellement observables (Lestel et al. 1994).

B - Agents cognitifs

Contrairement aux agents réactifs, la catégorie des agents cognitifs comprend tous les agents disposant d'une représentation symbolique de leur environnement. Les agents cognitifs sont capables de raisonner sur leur représentation symbolique. Il existe des algorithmes pour manier les symboles, et donc les représentations symboliques, mais ils sont très complexes et limitent les capacités de ce type d'agents. Très souvent, cette classe d'agents s'inspire de théories de la cognition, principalement humaine. Ce sont ces différentes théories de la cognition qui induisent les comportements des agents.

Architectures d'agents

Dans la littérature, cinq architectures sont couramment utilisées pour construire des agents, notamment des agents informatiques. La plupart de ces architectures se fonde sur une théorie de la cognition, dans le but de concevoir le cycle cognitif de l'agent. On peut dire que le cycle cognitif est le processus de délibération général se situant entre la perception et l'action, comme illustré sur la figure 2.

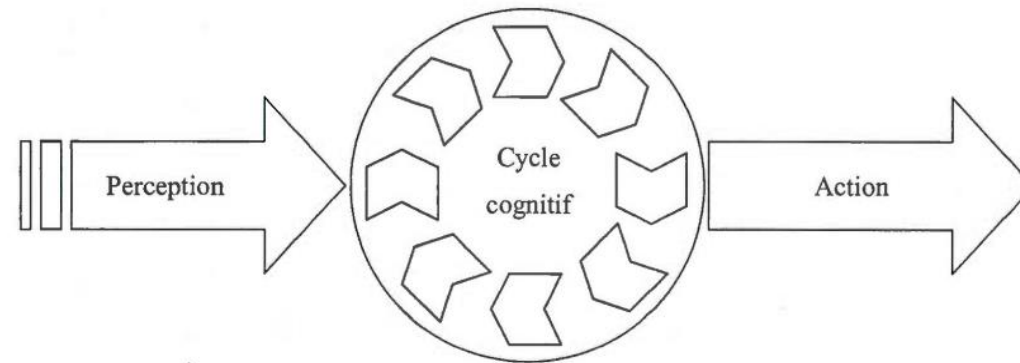


Figure 2. Situation du cycle cognitif chez l'agent

Les cinq architectures suivantes: BDI, ACT-R, IDA, CTS et les modèles en couches avec notamment TouringMachines et InteRRaP. Sont ces différentes architectures qui servent à créer le cycle cognitif d'un agent.

Dichotomie entre agent réactif et agent cognitif

- **Agents cognitifs** : chaque agent est spécialisé dans un domaine et sait communiquer avec les autres. Ils possèdent des buts et des plans explicites leur permettant d'accomplir leurs buts. (analogie avec les groupes en sociologie).
 - Représentation explicite de soi, environnement et les autres agents.
 - Organisation explicite.
 - Interaction explicite et élaborée.
- Exemple : aptitude à construire un plan du type :
 - Plan ouvrir la porte :
 - aller jusqu'à l'endroit où se trouve la clef
 - prendre la clef
 - aller jusqu'à la porte
 - ouvrir la porte avec la clef

Dichotomie entre agent réactif et agent cognitif

- **Agents réactifs** : agents sans intelligence (sans anticipation, sans planification) qui réagissent par stimulus-réponse à l'état courant de l'environnement. Des comportements intelligents peuvent émerger de leur association.
 - Pas de représentation explicite.
 - Organisation implicite/induite
 - Communication via l'environnement.
- Exemple de comportement réactif pour ouvrir une porte :
 - R1 : si je suis devant la porte et que j'ai une clef alors l'ouvrir
 - R2 : si je suis devant la porte et sans clef alors essayer de l'ouvrir
 - R3 : si la porte ne s'ouvre pas et que je n'ai pas la clef alors aller chercher la clef
 - R4 : si je cherche une clef et qu'il y a une clef devant moi alors prendre la clef et aller vers la porte.