

Les Systèmes Multi Agents

Pr. Okba KAZAR

Professeur des universités

**Directeur du Laboratoire d'INFormatique Intelligente
LINFI**

Smart Computer Science Laboratory

Département d'informatique

Université de biskra

Email: kazarokba@yahoo.fr

kazarokba@gmail.com

Plan

- Origine, motivations des SMA**
- Définition d'un agent**
- Les types d'agents**
 - **Les agents à réflexes simples**
 - **Les agents conservant une trace du monde**
 - **Les agents ayant des buts**
 - **Les agents utilisant une fonction d'utilité**
 - **Les agents BDI**
 - **Les agents hybrides**
- Agents et apprentissage**
- Systèmes multi agents**
- Interactions entre agents**
- Exemples d'applications**
- Bibliographie**

A réfléchir

- ✦ C'est quoi Google?
- ✦ C'est quoi un antivirus?
- ✦ Votre Système vous demande une mise à jour!
- ✦ L'être humain est il un système multi-agent?
- ✦ La famille est elle un système multi-agent?

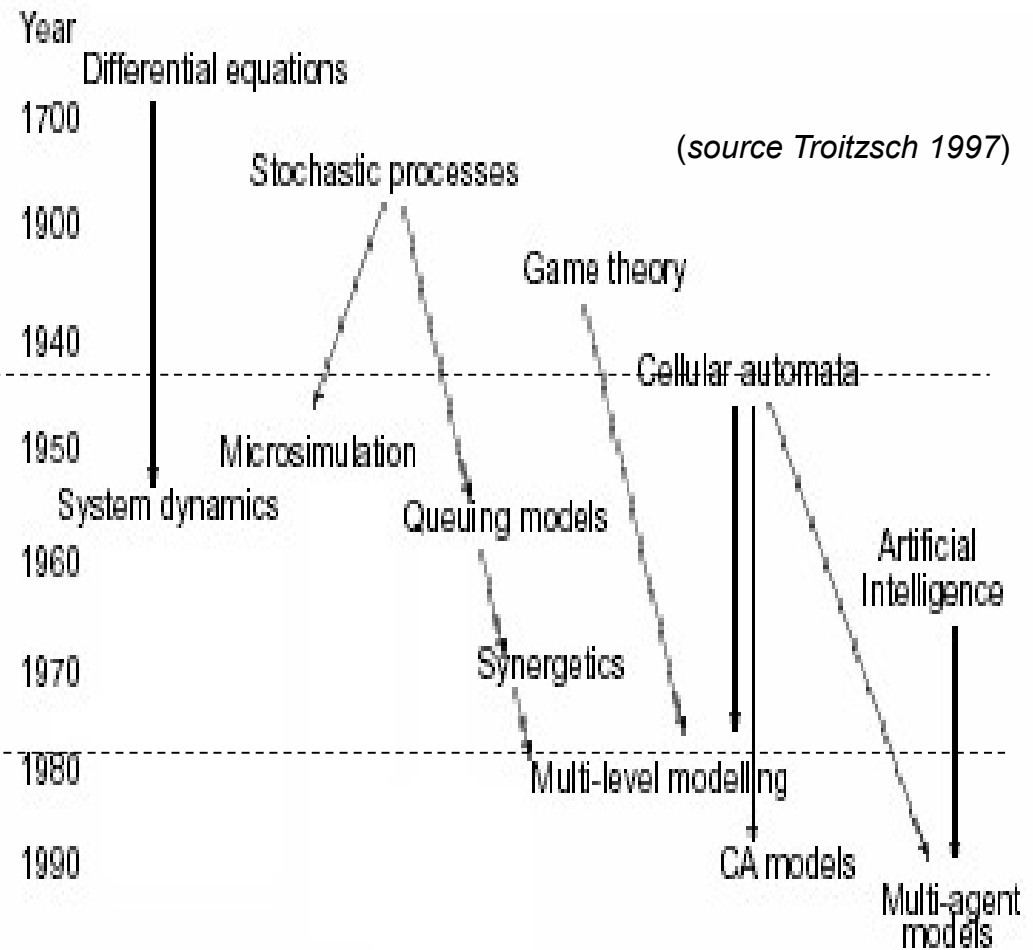
Chronologie des modèles dynamiques

✦ Mono-couche

✦ Multi-couches

– Micro \Rightarrow macro
(simulation)

– Micro \Leftrightarrow macro
(système auto-organisé)



✦ L'intelligence artificielle

– Définition IA

- **Artificiel.** désigne ce qui n'est pas un produit de la nature.
- **Intelligence.** "Faculté de connaître, de comprendre et de s'adapter [...]". Jean-Paul Tassin (Pour la Science, Décembre 1998).
 - Produire une IA consisterait donc à utiliser une technique (informatique) pour concevoir un système capable de raisonnement (résoudre un problème, s'adapter à des situations nouvelles,...).
 - L'IA est une discipline de l'informatique dont le but est que les ordinateurs puissent raisonner comme les humains.
 - Elle s'adresse à une classe de **problèmes exponentiels.**

✦ L'intelligence artificielle

– Reprenons la phrase de Marvin Minsky, figure célèbre de l'IA des années 50 :

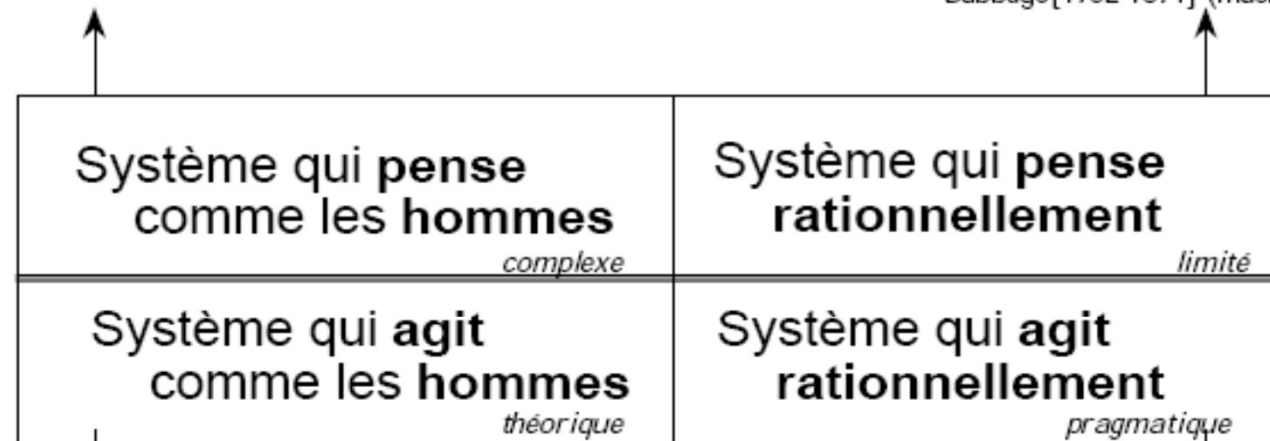
- « Artificial Intelligence is the science of making machines do things that would require intelligence if done by humans".
- **L'IA est la branche de l'informatique qui consiste à concevoir des systèmes intelligents, c'est-à-dire qui soient capables de produire un raisonnement proche de celui de l'être humain.**

Qu'est ce que l'Intelligence artificielle ?

Quatre types de définitions de l'IA

Modélisation cognitive
(GPS (Newel & Simon,61))

Logicisme: pensée logique
Pascal[1623-1662] (machine à calculer)
Leibnitz[1646-1716] (machine à raisonner)
Babbage[1792-1871] (machine analytique)



Systeme passant le test de Turing(1950)

Apprendre des K. (s'adapter)
Représenter des K. (memoriser)
Résoudre des Pb. (raisonner)
Comprendre (communiquer)

Agent rationnel (199X)

agit selon ses croyances pour
atteindre des objectifs
(pas seulement logique)

Préoccupation de l'intelligence artificielle et l'informatique

L'I.A investit les nombreux domaines où l'informatique classique n'est pas applicable. Ses caractéristiques majeurs sont :

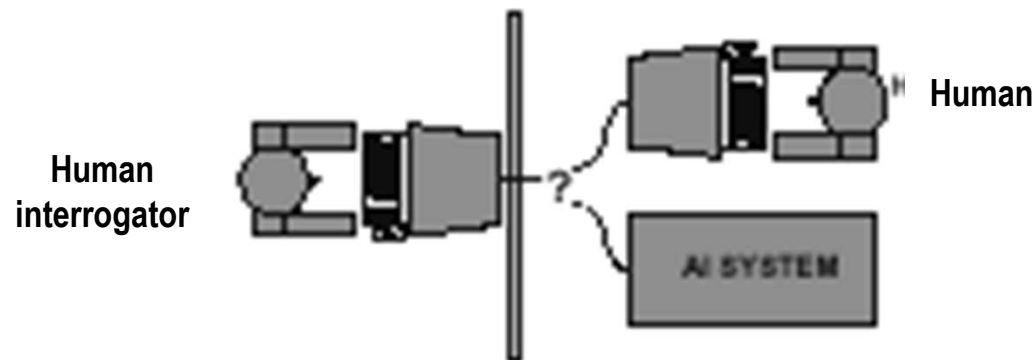
- 1- Un programme d'I.A manipule des informations symboliques sous forme de concepts, d'objets ou de règles. En informatique classique on ne traite que des données de type numérique.
- 2- Les systèmes d'I.A utilisent des méthodes heuristiques par opposition aux méthodes algorithmiques classiques. L'utilisation d'heuristiques permet d'aborder les problèmes sans solution algorithmique telle que la perception, la conception ou la prise de décision et les problèmes dont la solution algorithmique est très complexe (exemple les jeux d'échecs).

Émergence *L'intelligence artificielle et l'informatique*

- 3- **Une conséquence de la caractéristique précédente : les systèmes d'I.A emprunte des voies non déterministes dont le succès n'est pas garanti mais que lorsqu'elle marche permet un gain important en temps de calcul. A l'inverse, un algorithme consiste en une description exhaustive de la séquence d'opération à mener pour résoudre un problème donné.**
- 4- **L'I.A permet le traitement des informations incomplètes et inexacts par le biais de techniques de raisonnement particuliers (approximatif, non monotone, etc.).**
- 5- **L'I.A est pluridisciplinaire, elle fait appel aux techniques avancées de l'informatique mais elle puise également des ressources dans la logique, la psychologie cognitives, la linguistique, l'ergonomie, la philosophie, les neurosciences et la biologie.**

✦ Qu'est-ce qu'un Système intelligent ?

- Un programme construit pour :
 - modéliser les compétences de résolution de problèmes des humains.
 - avoir la même performance que les humains (**Test de Turing**).



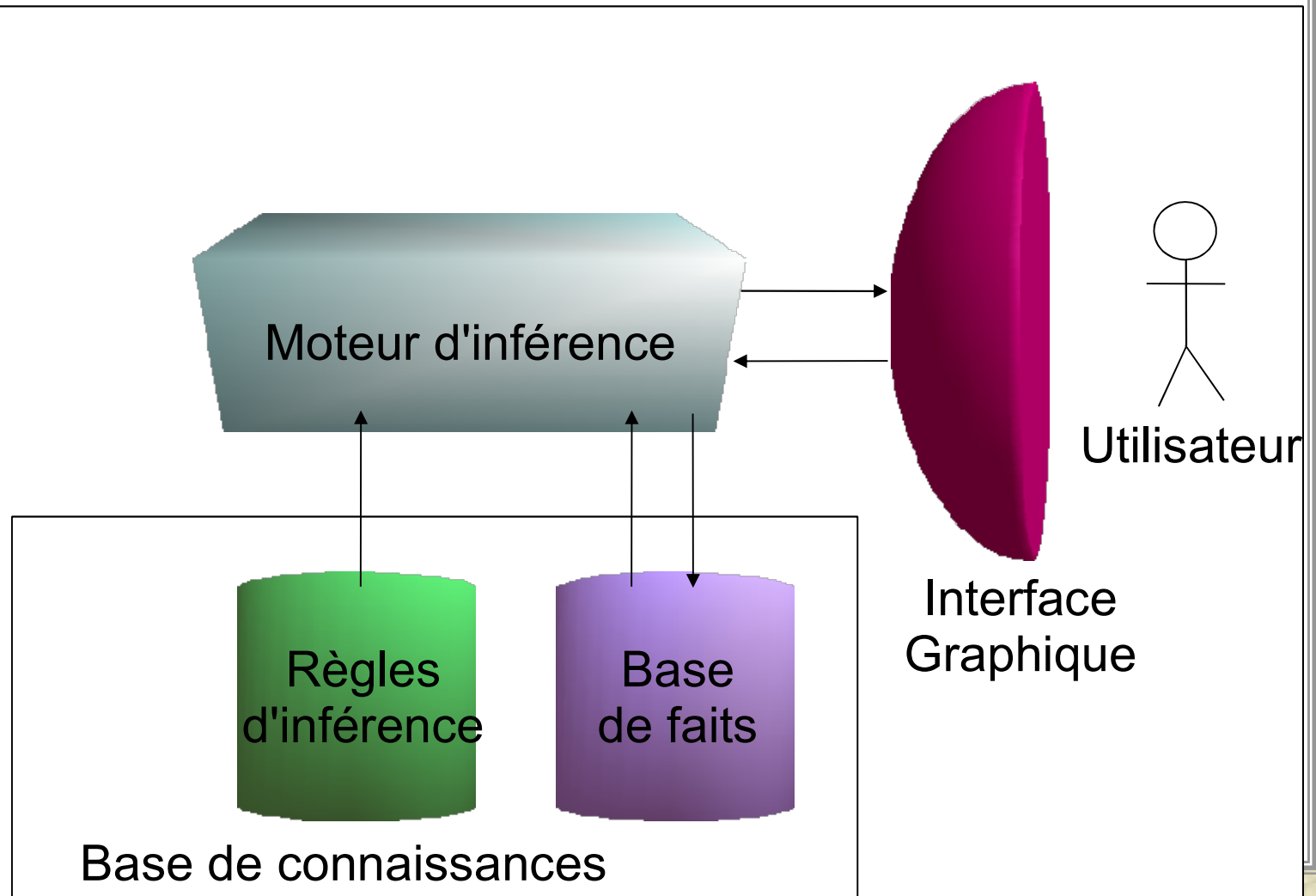
- **Question:** comment se manifeste l'intelligence?
- On ne connaît pas au préalable le chemin de recherche de la solution;
- On ne connaît pas au préalable ni le temps ni le nombre d'opérations ou d'étapes pour arriver à la solution;
- A chaque étape on choisit la meilleure opération pour atteindre la solution;
- Exemple : jeu d'échec;.....

Les systèmes experts

- Définition

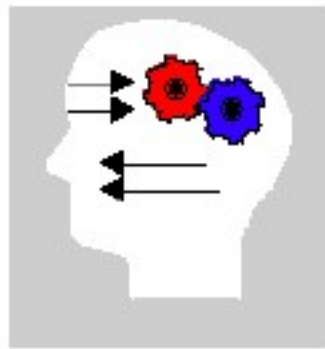
Un système expert est un programme qui consiste à **reproduire le comportement d'un expert humain dans un domaine particulier**, en effectuant, selon une démarche intellectuelle, une tâche de résolution de problèmes pour laquelle **une solution algorithmique est difficilement réalisable**.

Architecture du système expert

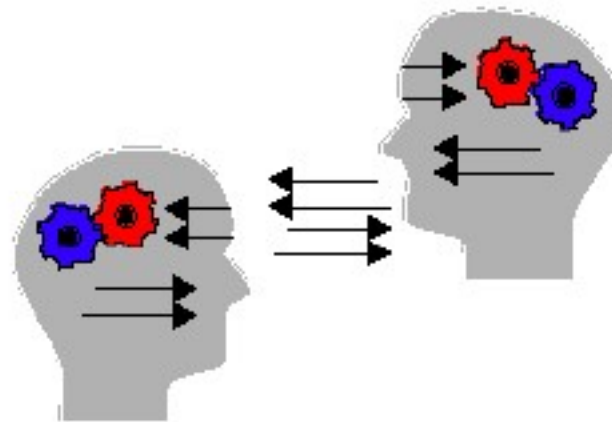


Intelligence Artificielle Distribuée

- ✦ Les agents opèrent de façon décentralisée et collective pour accomplir des tâches



Métaphore de l'IA:
le penseur isolé



Métaphore de l'IAD: la
communauté de penseurs

IA Distribuée

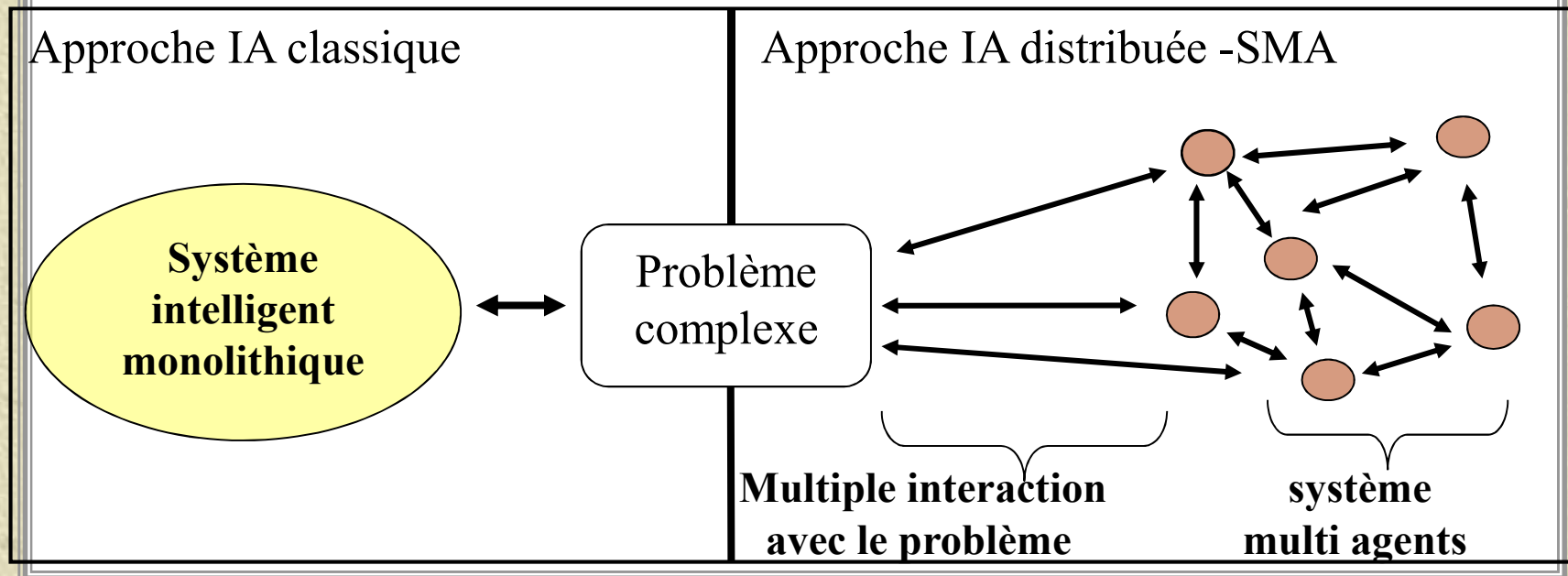
- ✦ On passe d'un paradigme psychologique à un paradigme sociologique.
=> des sociétés d'agents logiciels/matériels autonomes qui travaillent en commun pour aboutir à un but global.
- ✦ L'IA Distribuée ajoute donc la dimension sociale à l'IA classique.

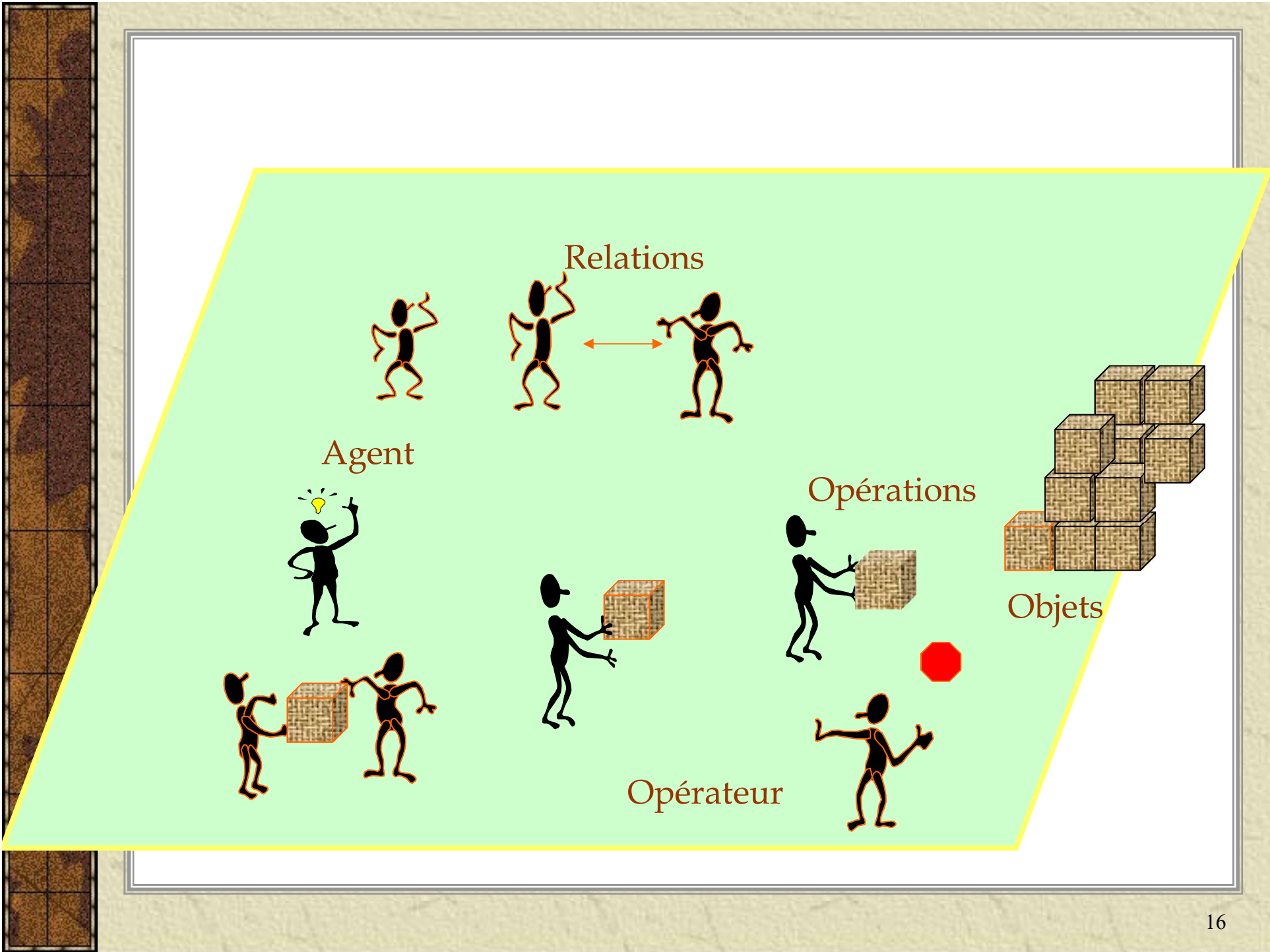


Thèmes de recherche de l'IAD

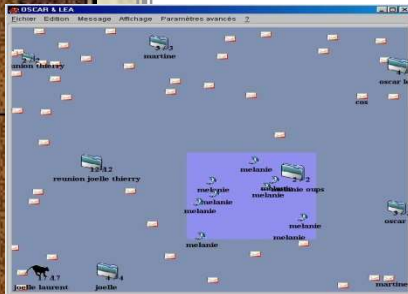
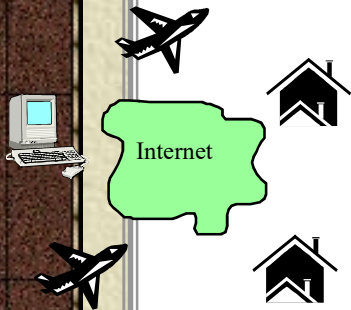
Trois Axes Fondamentaux :

- 1. L'Intelligence Artificielle Parallèle (IAP)**
- 2. La Résolution Distribuée des Problèmes (RDP)**
- 3. Les Systèmes Multi-Agents (SMA)**





Que peut on faire en utilisant le SMA



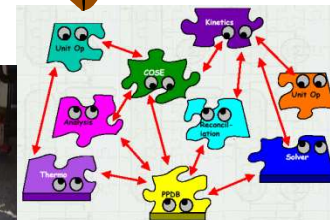
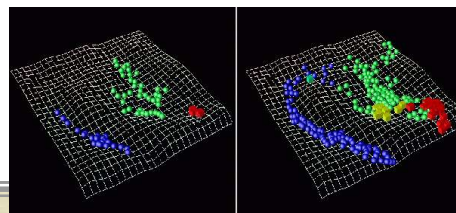
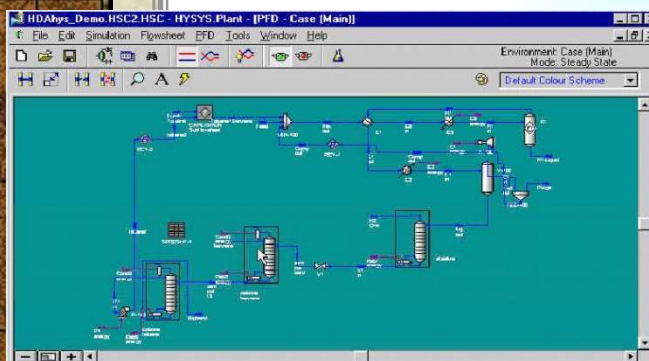
Software



Intelligence



Distributed Systems



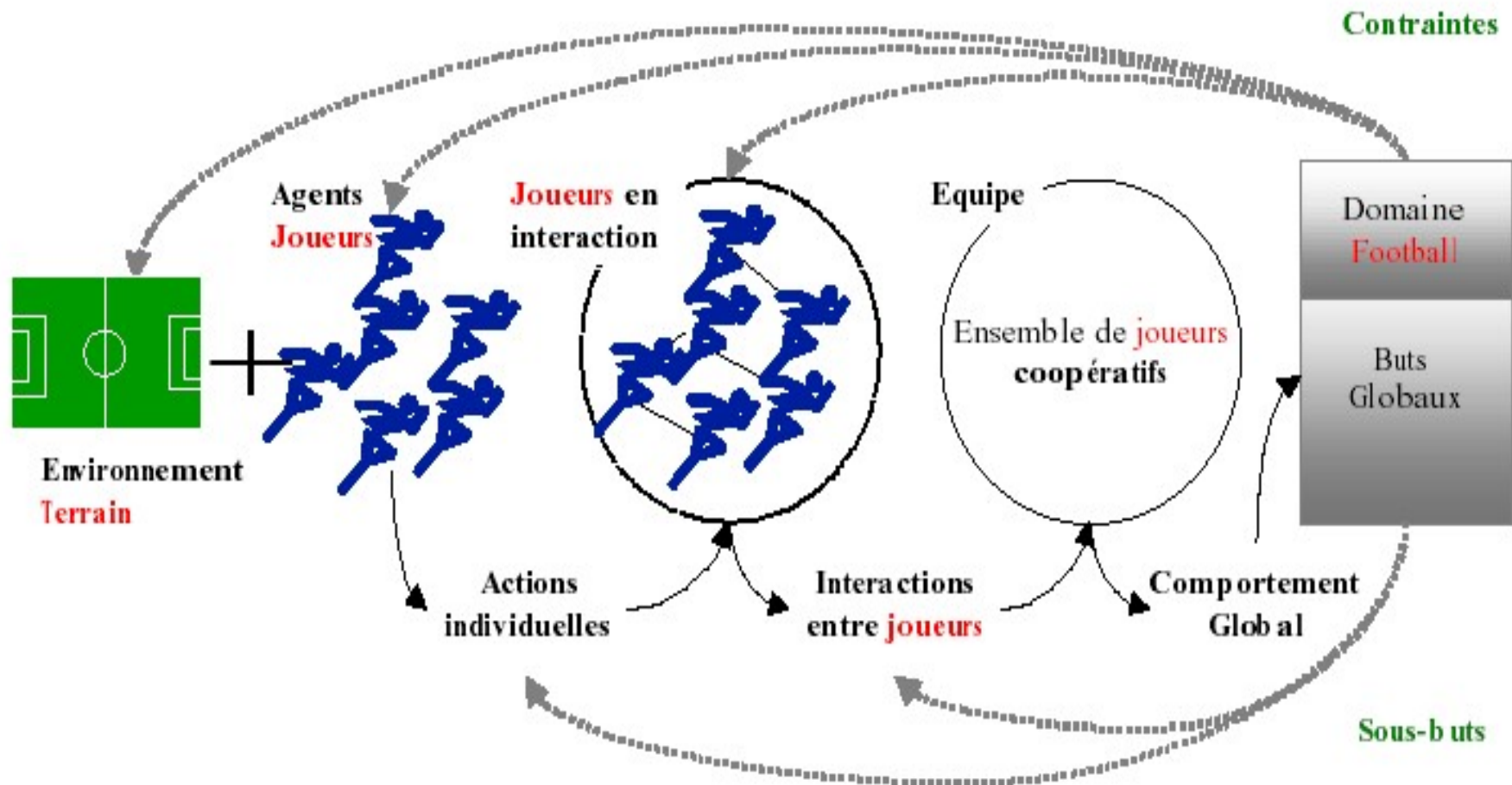
Le « multi-agents »

Exemple : Foule



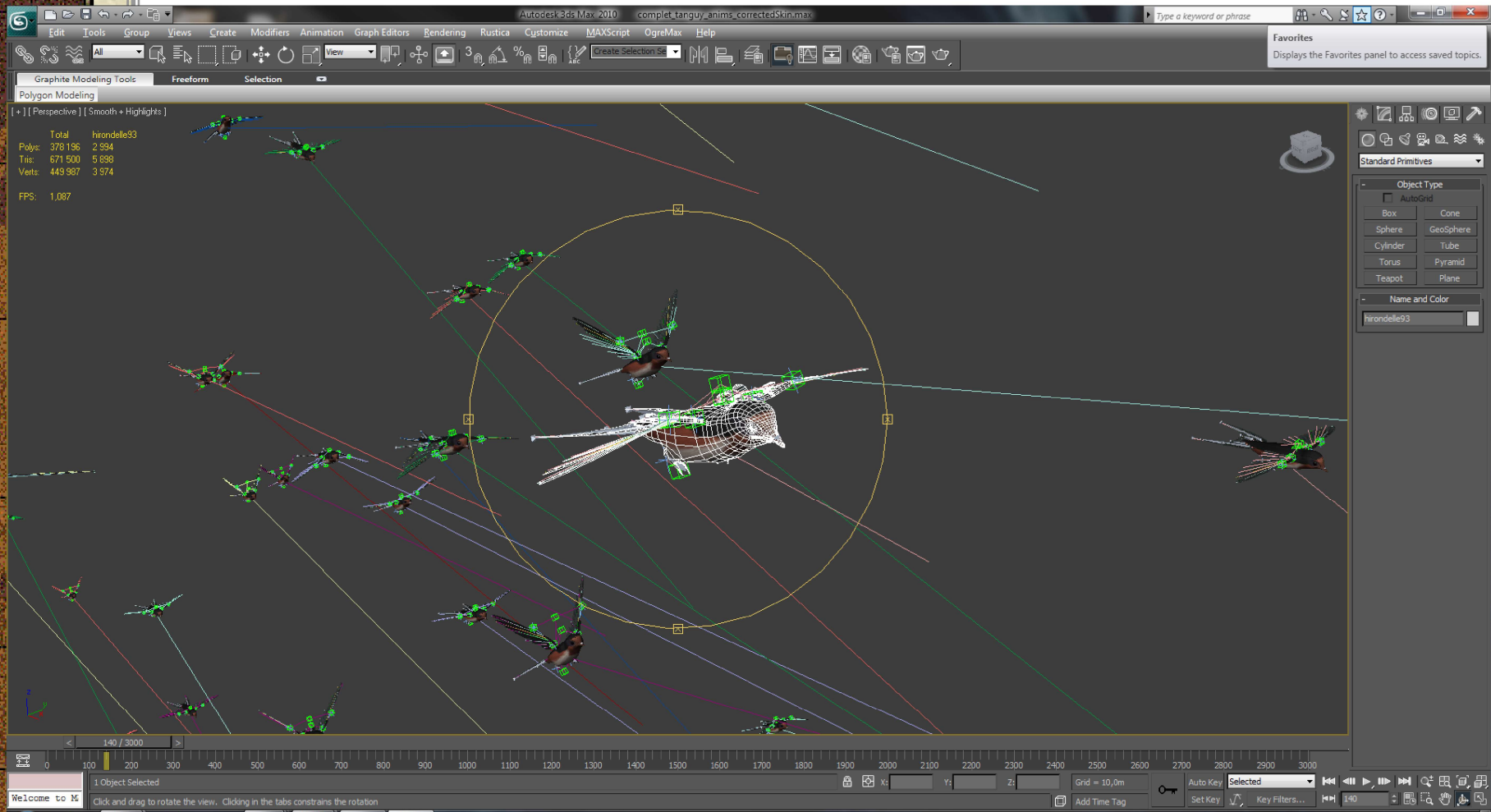
Problématiques

Illustration à l'aide d'une équipe de football



Le « multi-agents »

Exemple : Simulateur de vol hirondelle.



Origines des SMA

- Intelligence artificielle classique: modélisation du comportement d'une seule entité « intelligente ».
- Intelligence artificielle distribuée.
- 1978: première définition d'agents autonomes.
- Années 80: Systèmes multi agents.

Motivations

- ✦ Actuellement les systèmes sont souvent:
 - De plus en plus complexes,
 - Ouverts,
 - Avec des configurations et fonctionnalités évolutives,
 - Avec des matériels et des logiciels hétérogènes,
 - Situés dans des environnements à évolution dynamique
 - Répartis avec aucun contrôle global possible
 - Constitués de logiciels inter-agissants
 - En interaction avec des humains

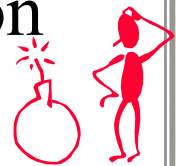
Le but d'un SMA

- ✦ Faire fonctionner ensemble un ensemble (!) d'agents pour :
 - résoudre des problèmes,
 - accomplir des tâches fonctionnelles,
 - simuler des systèmes existants.

Difficultés d'un SMA ?

✦ Ce n'est pas forcément la décomposition d'un problème en Agents qui est difficile, mais plutôt la composition de leurs actions individuelles :

- L'IAD s'intéressant à des problèmes déjà distribués, la décomposition en agents est simple à faire.
- Les méthodes de décomposition (Conception OO) existent, même s'il faut parfois les particulariser.



Arguments psychologiques

✦ Un être humain :

- suit plusieurs raisonnements en parallèle,
- possède plusieurs points de vue sur une situation,
- possède plus d'une opinion sur un sujet.

✦ Une machine doit donc :



- représenter la connaissance en gérant plusieurs points de vue,
- représenter les interactions,
- utiliser des raisonnements multiples.

Arguments en résolution de problèmes

- ✦ Problèmes fonctionnellement distribués (plusieurs entités physiques réelles - contrôle aérien),
- ✦ Problèmes spatialement distribués (endroits géographiques éloignés - supervision de réseau),
- ✦ Complexe à appréhender de manière globale ou absence de méthode globale (satisfaction de contraintes).

Des raisons en Robotique

- ✦ Dans la gamme des problèmes fonctionnellement et spatialement distribués, une place particulière pour la robotique car l'IA classique permet mal de :
- représenter un environnement incertain,
 - raisonner sur cet environnement,
 - planifier un travail collectif de robots,
 - gérer les situations de conflicts entre robots.



Applications en Robotique

- ✦ On trouve de nombreuses applications :
 - ateliers flexibles,
 - missions spatiales,
 - matériel militaire (co-pilote, missiles),
 - agriculture robotisée,
 - surveillance et espionnage,
 - nettoyage.
- => Seules des techniques IAD apportent des solutions à cette problématique.

Des raisons en Informatique

- ✦ La Programmation objet s'appuie sur la distribution des connaissances (attributs) et des compétences (méthodes) au sein d'objets.
- ✦ Un programme n'est plus une entité particulière - c'est une organisation d'entités de plus en plus faiblement couplées.

Implications Informatiques

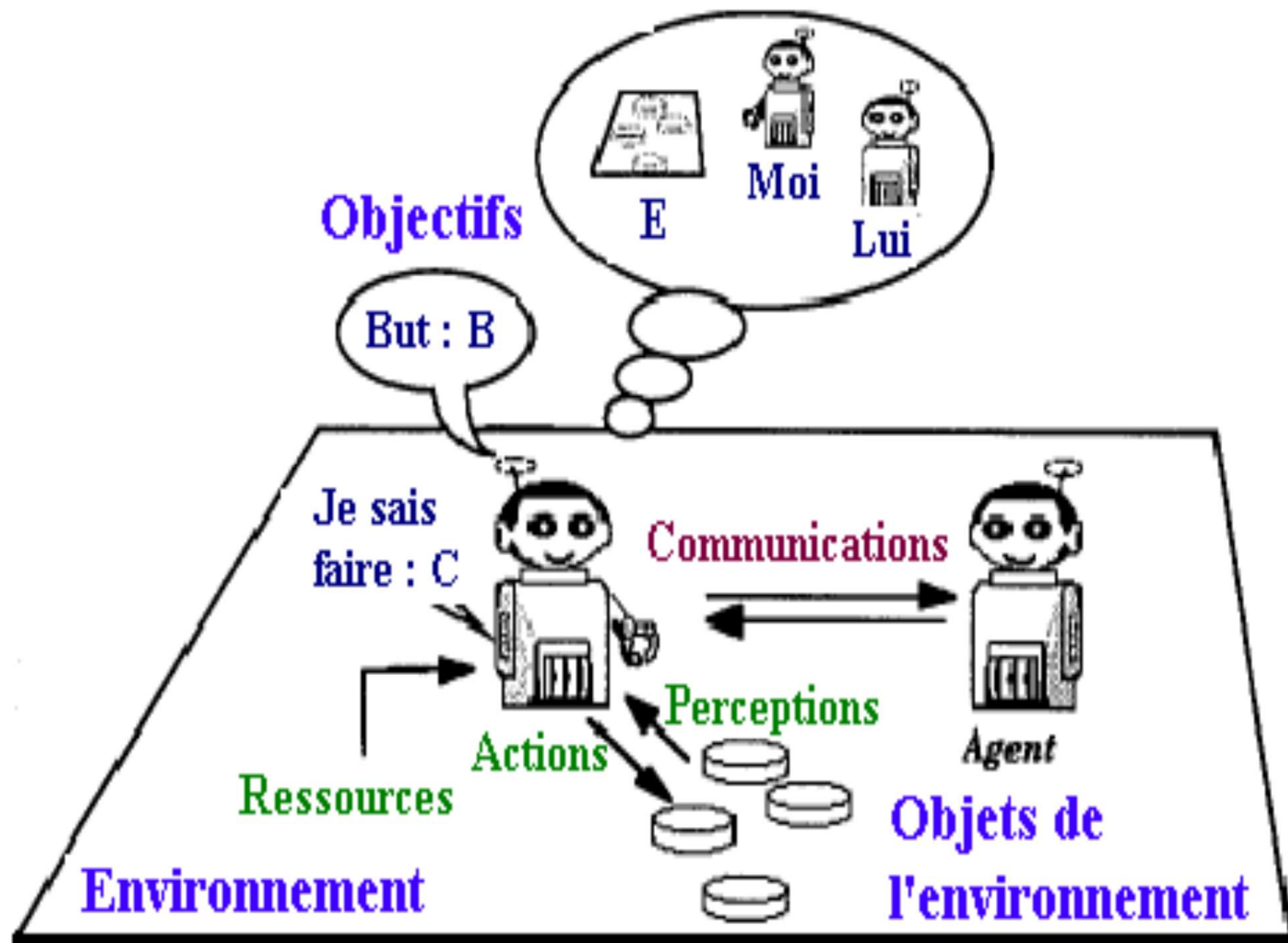
- ✦ De nouvelles méthodes de conception en génie logiciel,
- ✦ Un changement de perspectives de la notion de programmes à celle d'organisation.

⇒ Organiser des objets en IAD consiste à ajouter des capacités de communication, de coordination, de collaboration et de coopération distinctes de leurs compétences (*voir par exemple les langages d'acteurs*).

Définition d'un Agent

- Entité réelle ou virtuelle plongée dans un environnement sur lequel elle est capable d'agir.**
- Dispose d'une capacité de perception et de représentation partielle de cet environnement.**
- Peut communiquer avec d'autres agents.**
- Admet un ensemble de tendances. (objectifs, fonctions de satisfaction,...)**
- Peut agir d'une façon autonome afin d'atteindre ses objectifs.**

Représentations



Caractéristiques multidimensionnelles d'agent

- ✦ **La quantité de ses congénères**: le système peut contenir de quelques-uns à plusieurs milliers d'agents.
- ✦ **Le contrôle**: il peut être totalement distribué entre les agents mais peut être voué à une certaine classe d'agents comme les agents « facilitateurs ».
- ✦ **L'anticipation**: l'agent peut plus ou moins avoir les capacités d'anticiper les événements futurs.
- ✦ **La granularité ou complexité**: l'agent peut être très simple comme un neurone mais aussi plus complexe.
- ✦ **La contribution**: l'agent participe plus ou moins à la résolution du problème ou à l'activité globale du système.
- ✦ **L'efficacité**: l'agent et sa rapidité d'exécution, d'intervention.
- ✦ **La bienveillance**: l'agent a plus ou moins le devoir d'aider ses congénères plutôt que de s'opposer à eux.
- ✦ **Intentionnalité**: un agent intentionnel est un agent guidé par ses buts. Une intention exprime donc la volonté d'un agent d'atteindre un but ou d'effectuer une action.

Comparatif

Objet

- Appel de méthode
- Aucun but
- Aucun langage
- Statique

Agent

- **Envoi de message**
= Demande d'exécution
ou Echange d'information
(refus possible)
- Poursuit des **buts** (Persistence,
Autonomie)
- **Langage de communication
agent**
(ACL, KQML, KIF, etc.)
- **Mobile**

Agent : architecture

- ✦ Une entité devient un agent aussitôt qu'elle est capable d'exercer un contrôle local sur:
 - ses processus de perception,
 - de communication,
 - d'acquisition de connaissances,
 - de raisonnement,
 - de prise de décision
 - d'exécution.

Deux Pôles Extrêmes

✦ Deux grandes classes de mécanismes existent :

- **systèmes cognitifs** (capacité de raisonnement et de représentation des agents) - métaphore sociologique,
- **systèmes réactifs** (minimise l'apport individuel de chaque agent) - métaphore biologique.
=> **Vie Artificielle**

Différence entre agent cognitif et agent réactif

Systeme d'agents cognitifs	Systeme d'agents réactifs
Représentation explicite de l'environnement	Pas de représentation explicite
Peut tenir compte de son passé	Pas de mémoire de son historique
Agent complexe	Fonctionnement stimulus/réaction
Petit nombre d'agent	Grand nombre d'agent

- **Agent hybride** : combinaison entre l'agent cognitif et l'agent réactif.
- **Systeme multi-agents** : Ensemble d'agents qui interagissent dans un environnement commun.



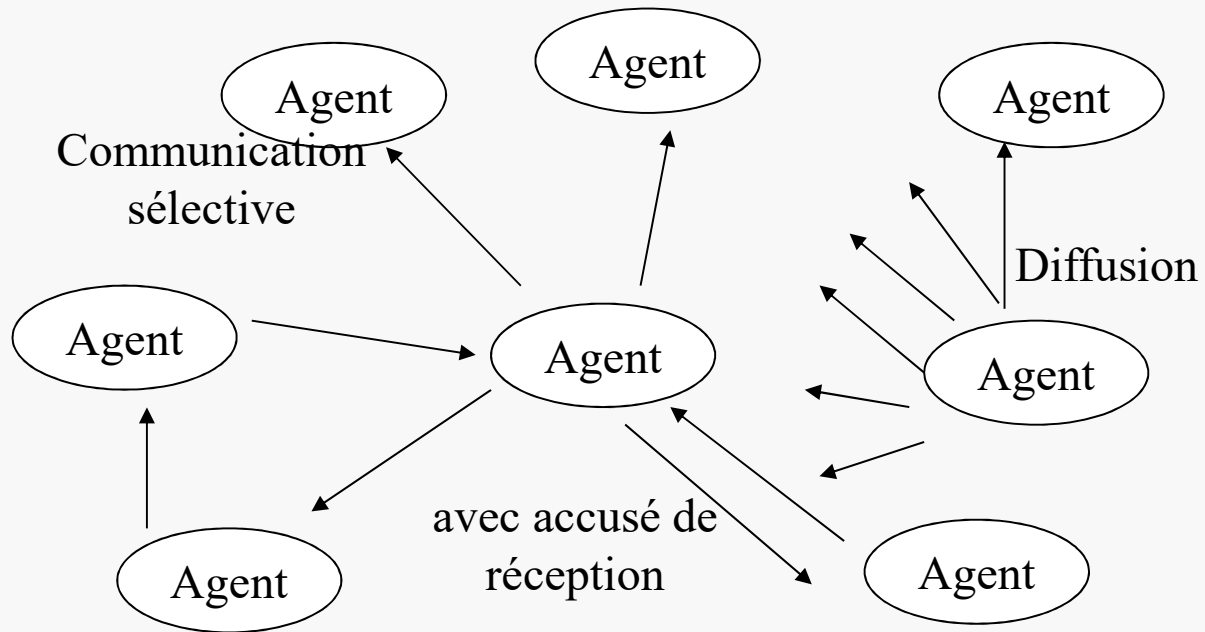
Interactions entre Agent

La communication dans les S.M.A

Communication par envoi de messages

Les agents envoient leurs messages directement et explicitement au destinataire.

- **Mode point à point** : l'agent émetteur du message connaît et précise l'adresse de ou des agent(s) destinataire(s). Ce type de communication est généralement le plus employé par les agents cognitif.
- **Mode par diffusion** : le message est envoyé à tous les agents du système. Ce type de transmission est très utilisé dans les systèmes dynamiques ainsi que les systèmes d'agent réactif. En fait, ceci suppose en général une messagerie : un agent spécialisé gère autant de files d'attente que de destinataires, chaque agent peut traiter le premier message de sa file.



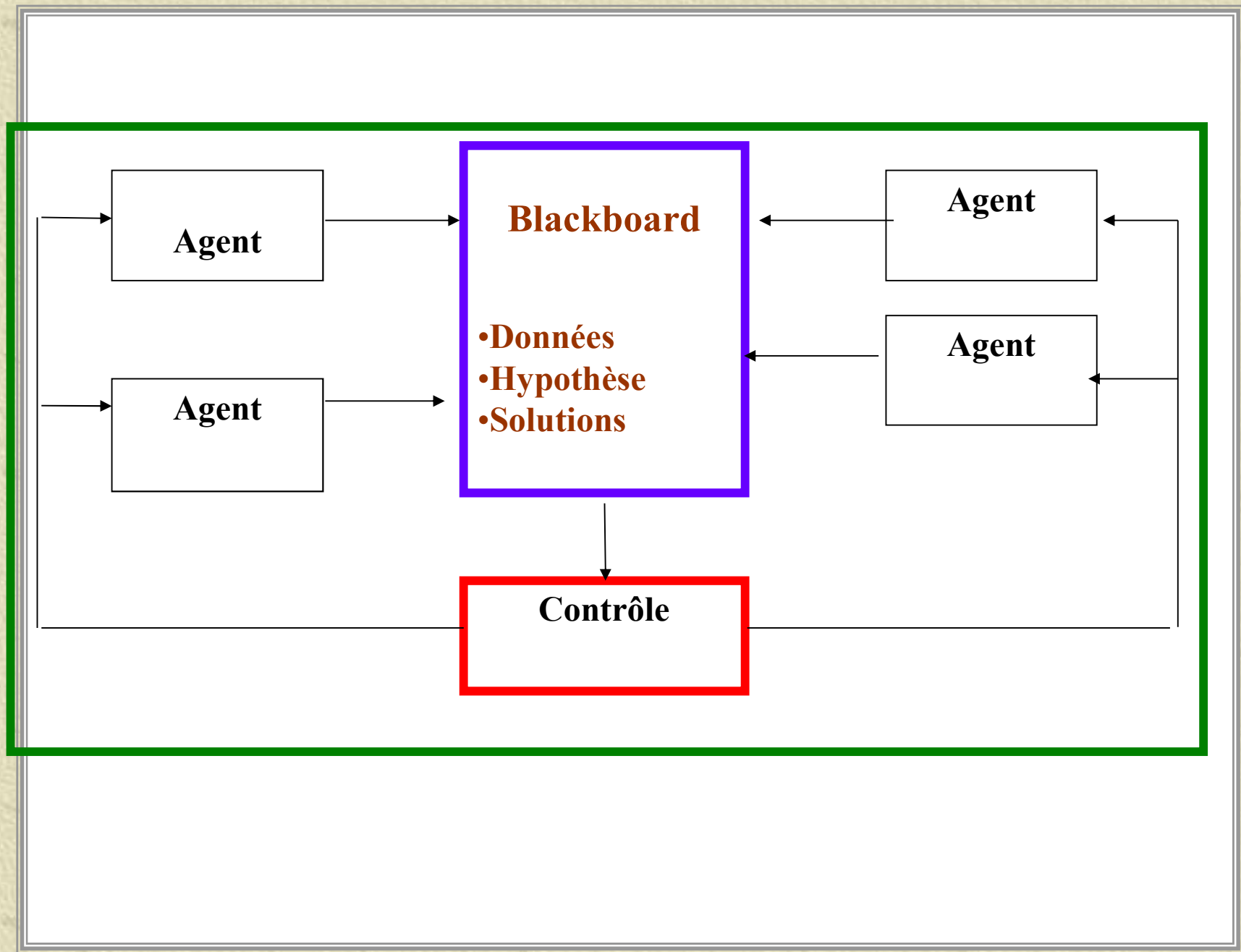
Communication par partage d'informations

Ce type de communication est utilisé quand:

- ▶ il y a recouvrement des domaines d'expertise de chaque agent.
- ▶ Il suppose également que les agents ne possèdent qu'une connaissance limitée sur les domaines d'activité des autres agents et pose des problèmes de synchronisation.

Les composants ne sont pas en liaison directe mais communiquent via une structure de données partagées où on trouve les connaissances relatives à la résolution (état courant du problème) qui évolue durant le processus d'exécution.

Cette manière de communiquer est l'une des plus utilisées dans la conception des systèmes multi-agents.



Coopération

La coopération est la forme générale d'interaction la plus étudiée dans les S.M.A.

- *Coopération par partage de tâches et des résultats*, avec la possibilité de prendre en compte localement les plans des autres.
- *Commande* : Un agent supérieur « A » décompose le problème en sous-problèmes qu'il répartit entre les autres agents « Xi ». Ceux-ci résolvent et renvoient les solutions partielles à « A ».
- *Appel d'offre* : « A » décompose le problème en des sous-problèmes dont il diffuse la liste. Chaque agent « Xi » qui souhaite résoudre l'un des sous-problèmes envoie une offre ; « A » choisit parmi celles-ci et distribue les sous-problèmes. Le système travaille ensuite en mode commande.
- *Compétition* : Dans le mode compétition, « A » décompose et diffuse la liste des sous-problèmes comme dans le mode appel d'offre. Chaque agent « Xi » résout un ou plusieurs sous-problèmes et envoie les résultats correspondants à « A » qui à son tour fait le tri .

Résolution de conflit

Les agents coopératifs ont besoin d'éviter autant que possible les situations conflictuelles pour résoudre un problème. Pour ce faire, ils peuvent être amenés à coordonner leurs solutions.

1. Coordination

Les agents travaillent sur des problèmes dont les solutions sont utiles pour les autres agents. Leur travail doit donc être coordonné dans le temps.

- La coordination permet aux agents de considérer toutes les tâches et de ne pas dupliquer le travail.
- La coordination des actions est liée à la planification et à la résolution des conflits, car c'est à ce niveau qu'on tient compte des actions (plans) des autres agents.

On peut distinguer deux types de coordination :

- la coordination due à la gêne
(problème de navigation : les agents doivent coordonner leurs plans de navigation pour s'éviter mutuellement).
- la coordination due à l'aide
(manutention : dans un environnement multi-robots, les agents doivent synchroniser leurs actions pour pouvoir agir efficacement et transporter un objet

2.

Négociation

Les activités des agents dans un système distribué sont souvent interdépendantes et entraînent des **conflits**.

Pour les résoudre, il faut considérer les **points de vue** des agents, les **négoier**, et utiliser des **mécanismes de décision** concernant les buts sur lesquels le système doit se **focaliser**.

La négociation est caractérisée par :

- Un faible nombre d'agents impliqués dans le processus.
- Un protocole minimal d'actions : proposer, évaluer, modifier et accepter ou refuser une solution.

Le problème de la négociation ne consiste pas forcément à trouver un compromis mais peut s'étendre à la modification des croyances d'autres agents pour faire prévaloir un point de vue.

10. Les architectures d'un agent

. Les architectures d'un agent

1. L'architecture d'un agent est une méthodologie particulière pour la construction d'agents.
2. Elle spécifie comment l'agent peut être décomposé dans la construction en un ensemble de modules.
1. Elle spécifie comment ces modules doivent être faits pour agir réciproquement.

On distingue deux types

1. Architecture abstraite

Agents purement réactifs

Agent avec état

2. Architectures concrètes

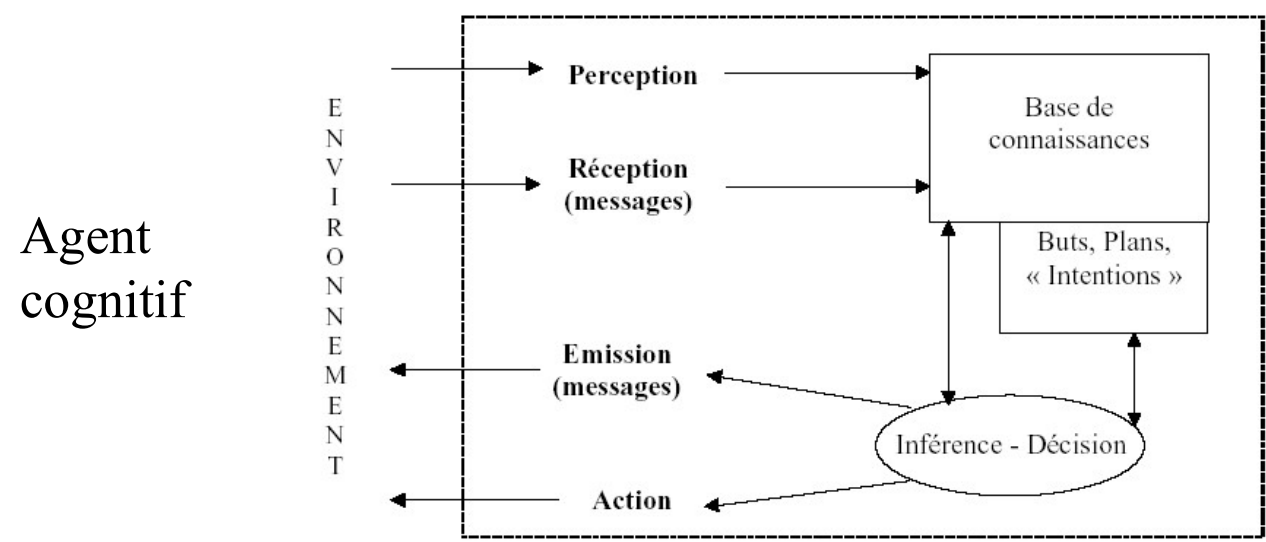
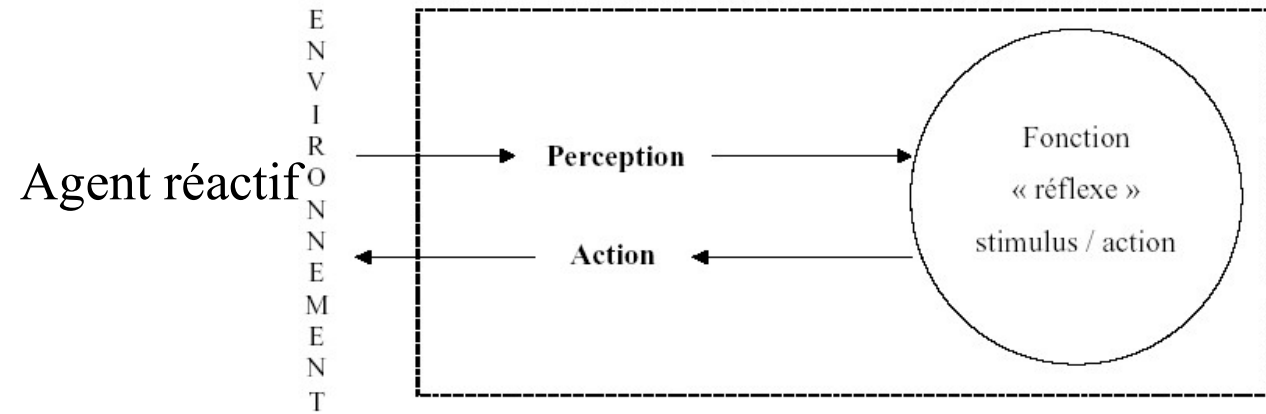
Agents basés sur la logique

Les architecture réactives

Les architectures BDI

Les architectures en couches

Deux architectures



Agent réactif

Agent Réactif

- Il n'inclut pas le raisonnement, il agit selon un schéma de stimulus/réaction à des événements produits en entrées.
- L'école « réactive » prétend au contraire qu'il n'est pas nécessaire que les agents soient intelligents individuellement pour que le système ait un comportement global intelligent

Exemple

```
rules : règles condition-action  
percepts : ensemble de percepts  
repeat  
state := interpret_input(percept) ;  
rule := match(state, rules) ;  
execute(rule[action]) ;  
forever
```

10.1.1 Agents purement réactifs

Ce sont des agents qui décident ce qu'il faut faire sans référence aux historiques.

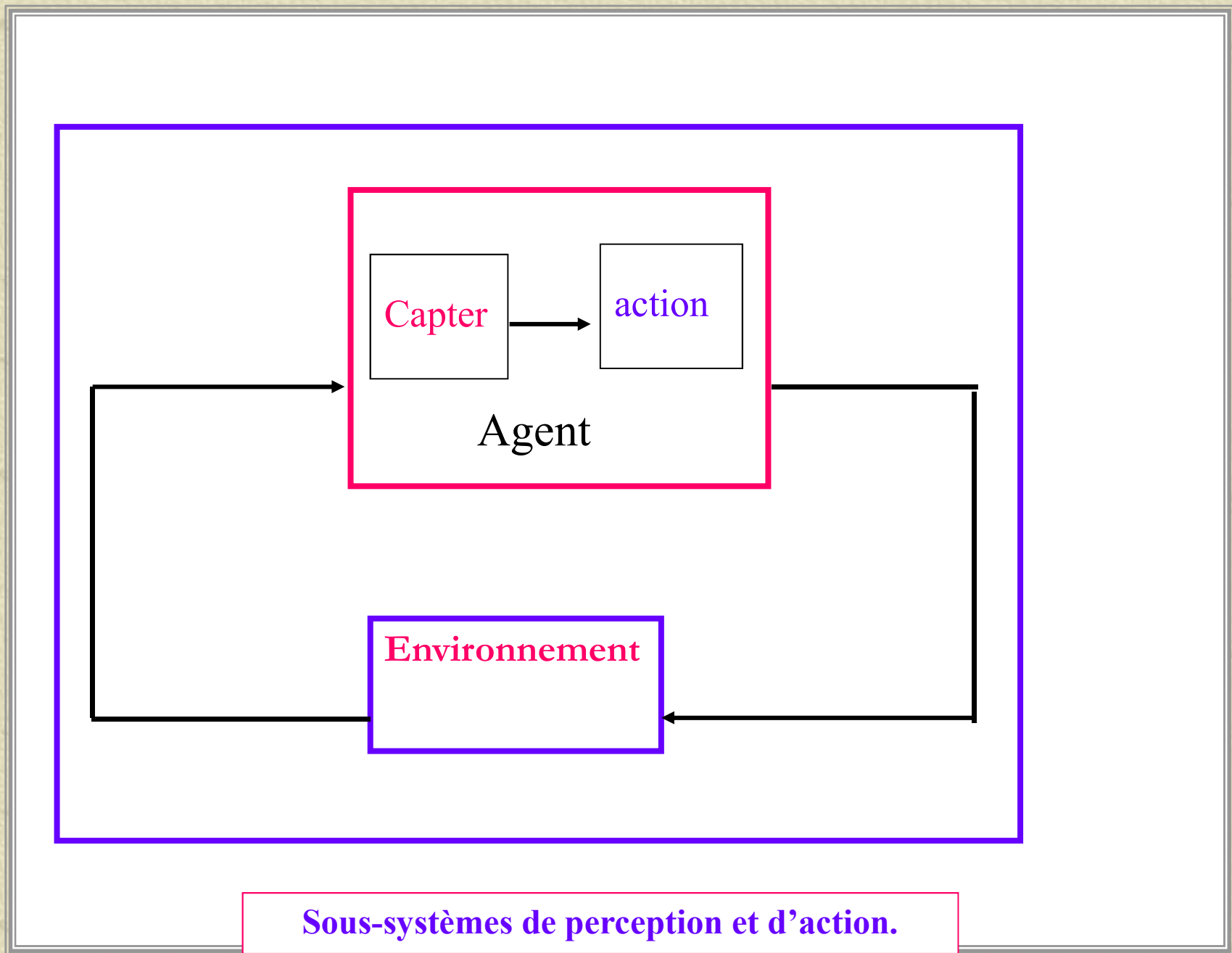
La prise de décision est basée uniquement sur le présent sans aucune référence au passé.

Le comportement d'un agent purement réactif peut être représenté par la fonction: $S \rightarrow A$

Perception

Le modèle abstrait doit être raffiné (décomposer en sous-systèmes) pour préciser la notion d'action : quelles données et quelles structures de contrôle associées doivent être présentes ?

La première décomposition fonctionnelle d'un agent est faite entre la perception qu'il a de l'environnement (fonction *capter*) et son processus de décision sur les actions qu'il lance dans cet environnement



Sous-systèmes de perception et d'action.

10.1.2 Agents avec état

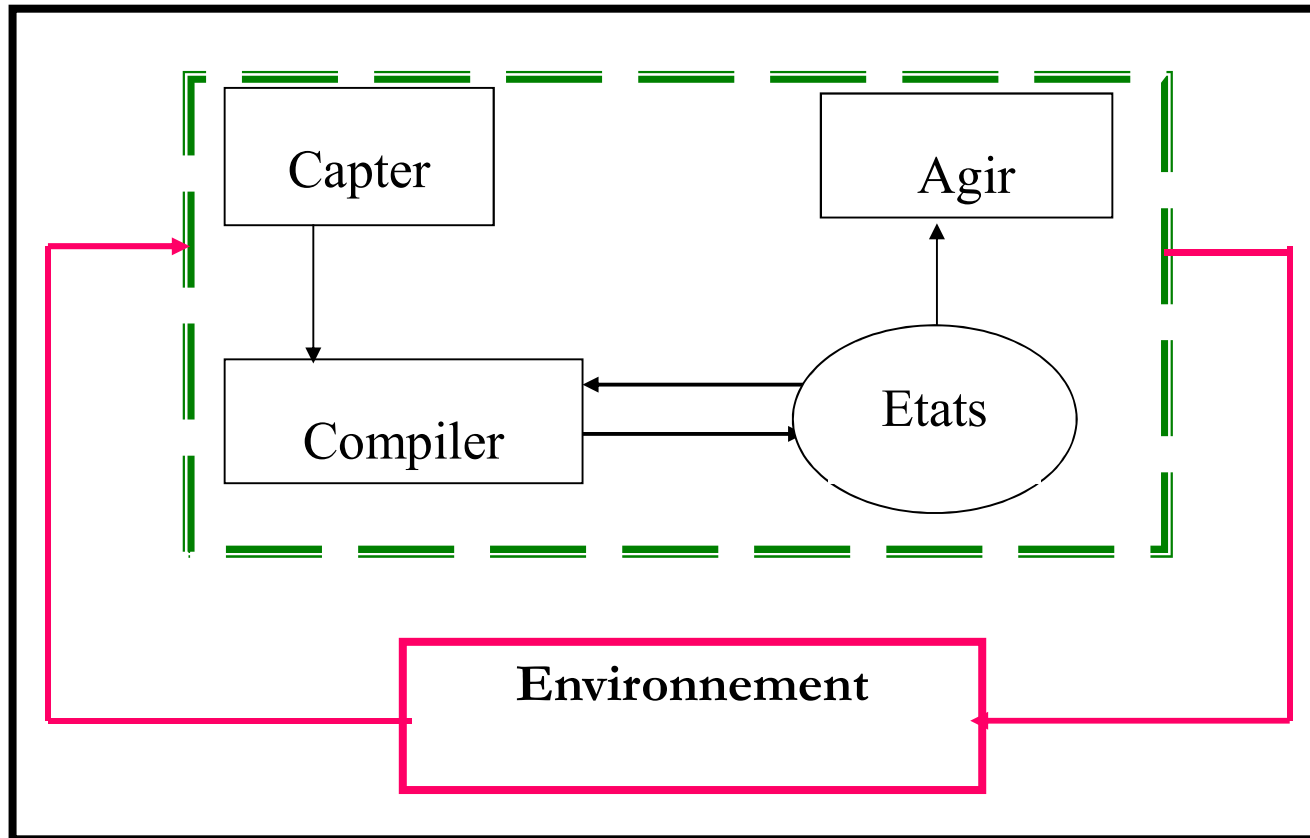
Pour utiliser de façon efficace son passé, un agent peut conserver son historique sous forme de structures de données adaptées. Soit I l'ensemble des états internes de l'agent. On peut alors exprimer le processus de décision de l'agent à partir de I :

$$\text{agir} : I \rightarrow A$$

Ce processus de mémorisation nécessite l'accumulation des connaissances par l'agent. Nous définirons donc la fonction *compiler* de la façon suivante :

$$\text{compiler} : I \otimes P \rightarrow I$$

Les agents fonctionnent donc suivant le cycle : *capter* - *compiler* - *agir*. L'agent perçoit le monde à travers « capter », met à jour son état à travers « compiler », choisit une action à exécutée à travers « agir ».



Agents et états internes.

II.7.1 Architecture d'Agent Cognitif

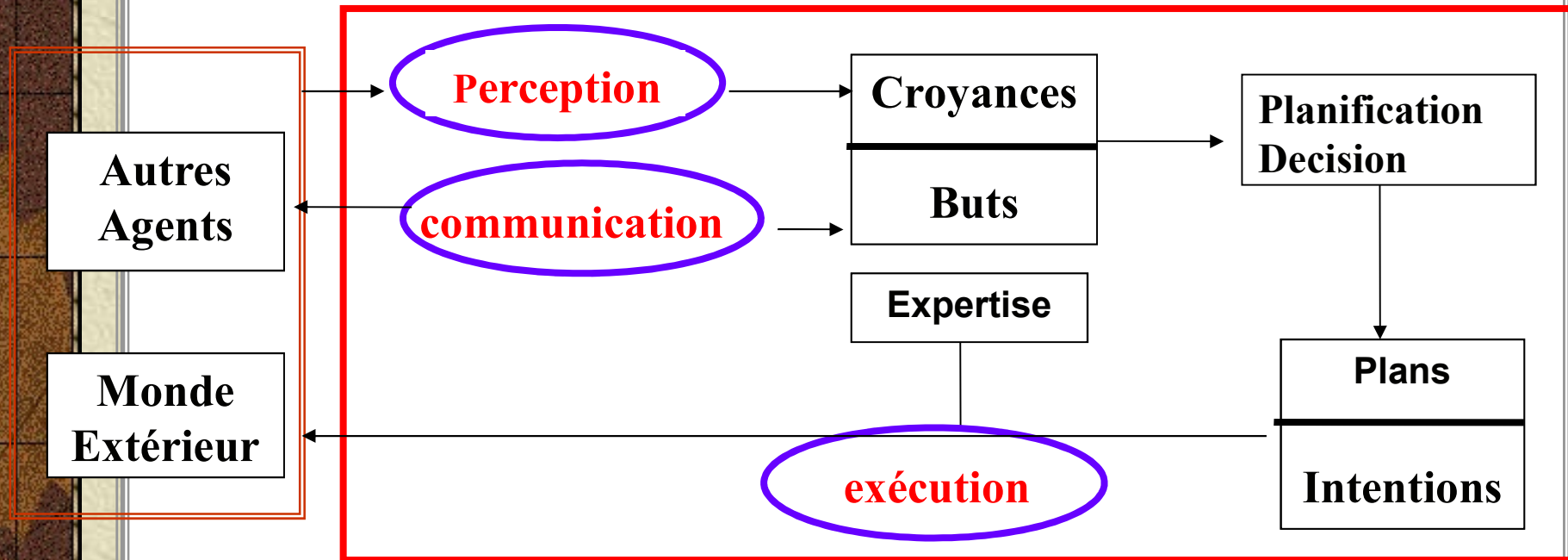
Il possède une représentation symbolique de son environnement et est doté de capacités de raisonnement.

Les agents sont immergés dans un environnement dans lequel ils interagissent. D'où leur structure s'articule autour de trois fonctions principales : percevoir, décider et agir.

Nous pouvons aussi citer quelques sous fonctions importantes :

- la détection de conflits,
- la révision des croyances,
- la coopération (négociation, coordination),
- l'apprentissage.

Fonctionnement d'un agent cognitif



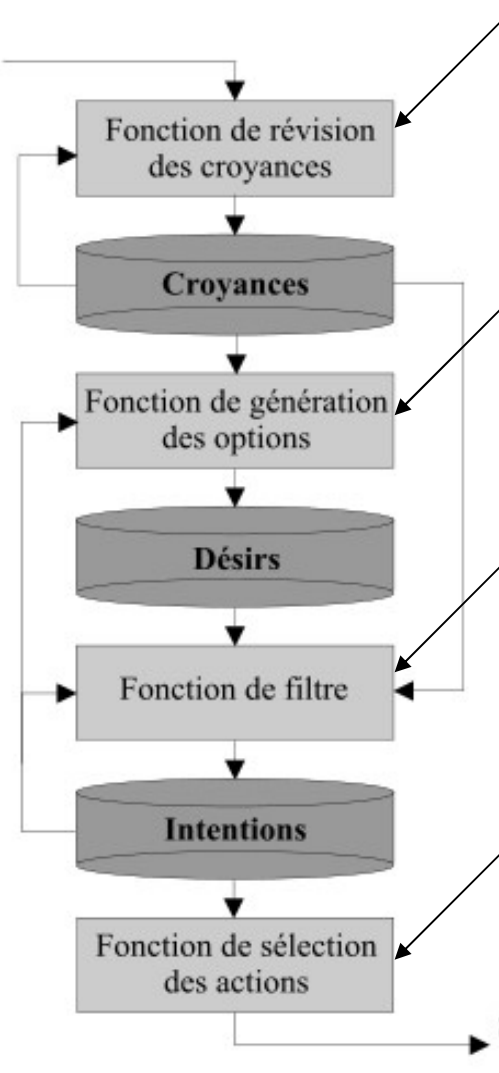
Les agents BDI

Les agents se basent sur trois aspects pour choisir leurs actions:

- Les croyances qui représentent un ensemble d'informations que l'agent possède sur son environnement.
- Les désirs qui représentent les options disponibles à l'agent.
- Les intentions qui représentent les buts envers lesquels il s'est engagé.

Les agents BDI

Entrées des capteurs



Prend les entrées du capteur et les croyances actuelles de l'agent et détermine un nouvel ensemble de croyances.

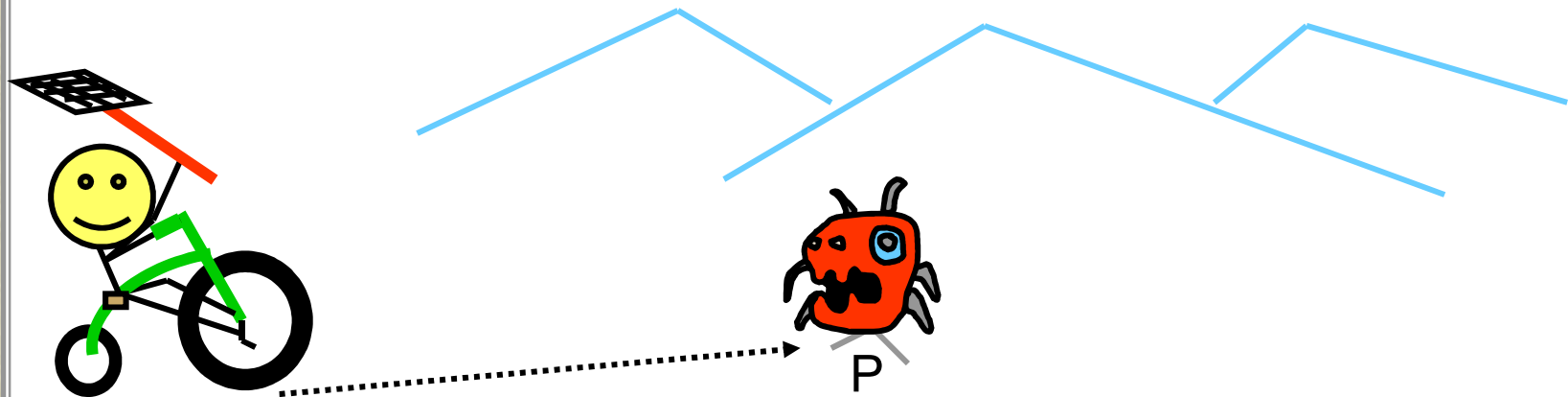
Détermine les options disponibles pour l'agent en se basant sur ses croyances et ses intentions courantes.

Détermine les intentions de l'agent en se basant sur ses croyances, ses désirs et ses intentions courantes.

Détermine l'action à effectuer en se basant sur les intentions courantes de l'agent.

BDI architectures: reconsideration des intentions

✦ Exemple



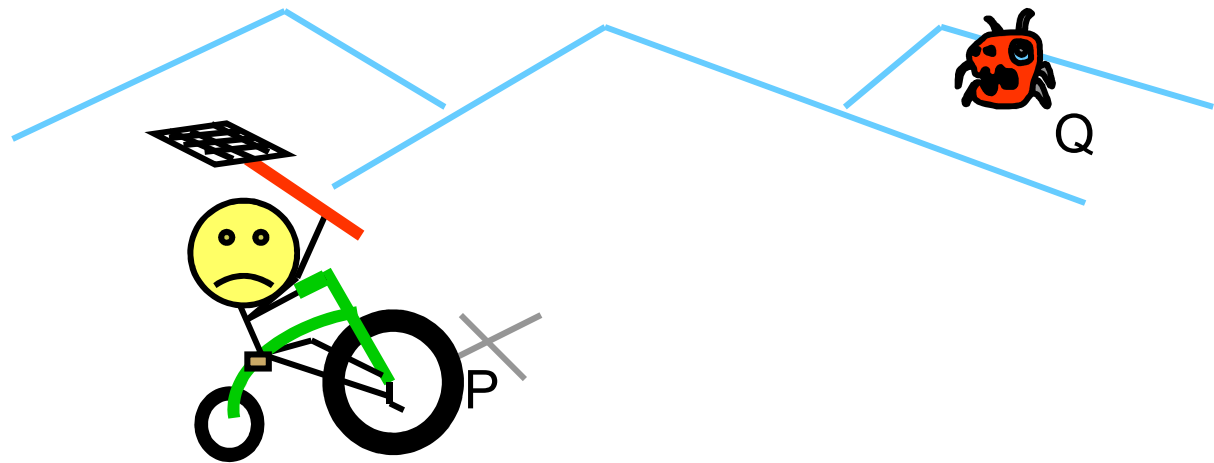
Time $t = 0$

Desire: Kill the alien

Intention: Reach point P

Belief: The alien is at P

BDI architectures: reconsideration des intentions



Time $t = 1$

Desire: Kill the alien

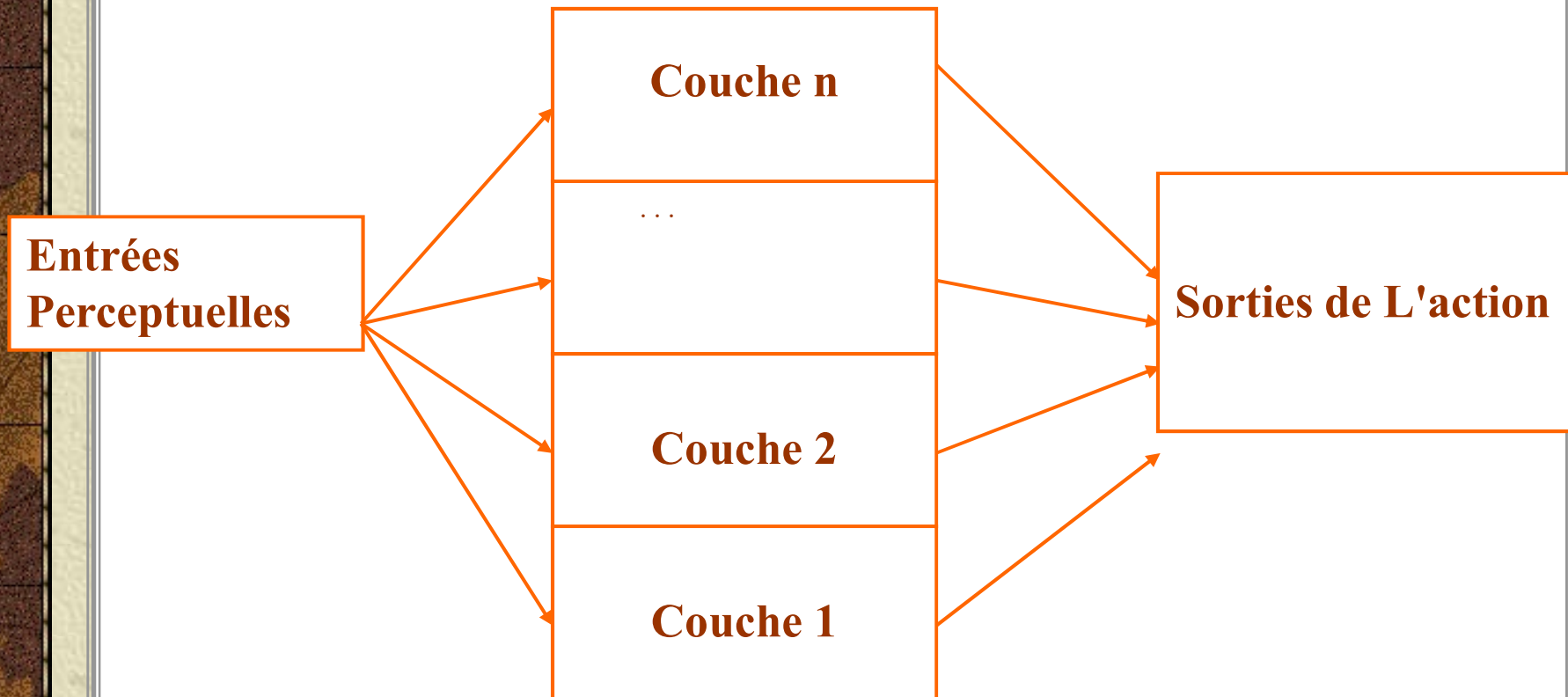
Intention: Reach point P

Belief: The alien is at P *Wrong!*

Architecture concrète d'un agent

Les architectures concrètes précisent la mise en œuvre de l'agent.

Les architectures en couches horizontales

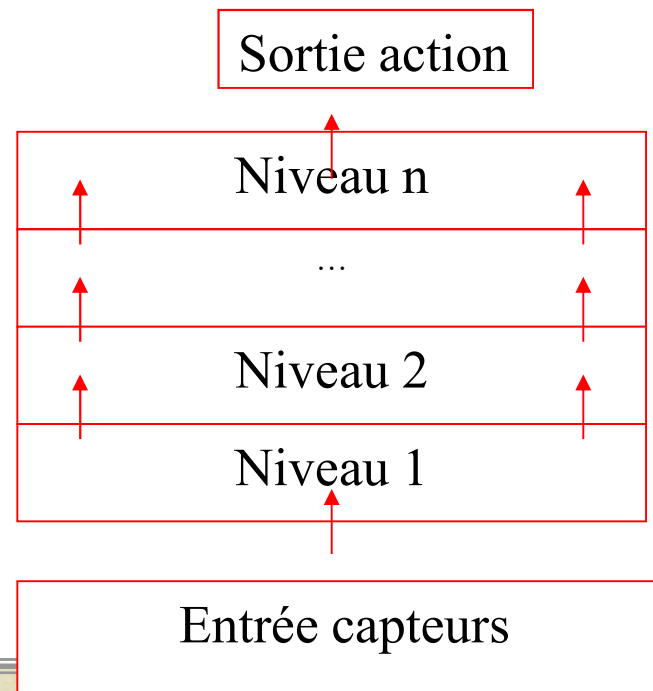


Les architectures en couches verticales

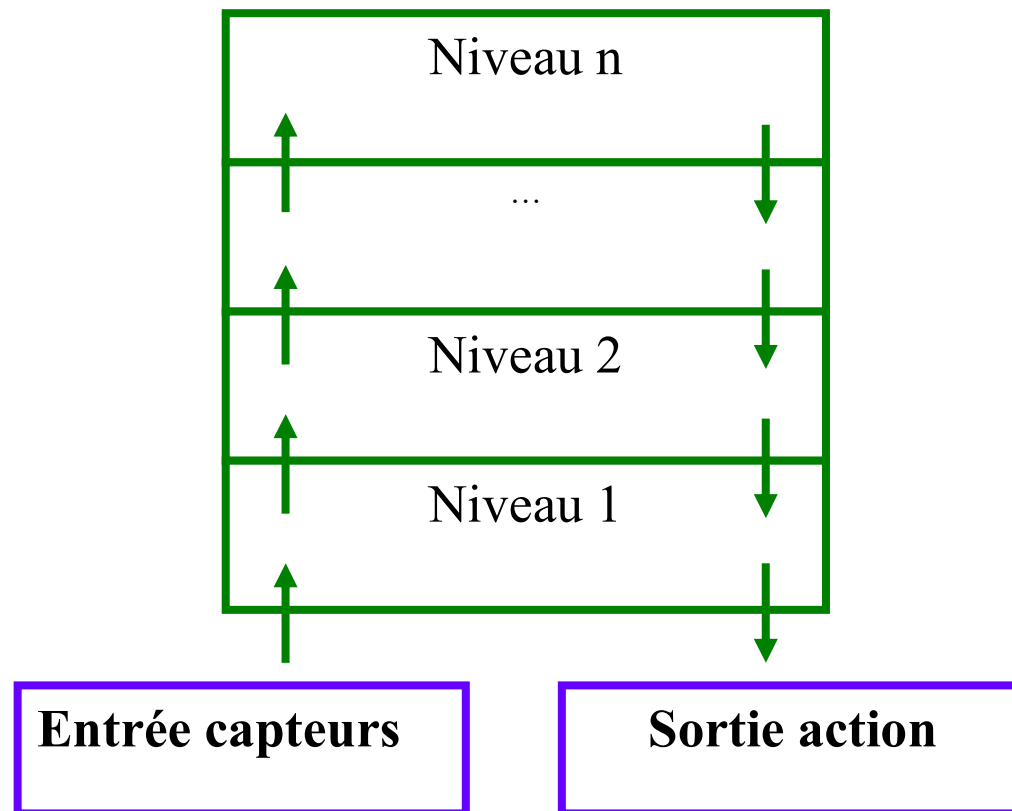
Dans cette architecture, les entrées des capteurs et les sorties des actions sont pris en charge par au plus une couche.

Ils existent des architectures verticales à une passe et à deux passes.

- **Une passe**: dans ce modèle d'architecture, les informations arrivent des capteurs sur une couche spécialisée, puis traversent en séquence d'autres couches jusqu'à la dernière qui pilote la sortie (action à prendre).



● **Deux passes**: dans l'architecture à deux passes c'est la même couche qui assure l'interface d'entrée et de sortie de l'agent. Les informations suivent le même chemin que dans le mode précédent, puis redescendent l'architecture en sens inverse pour revenir à l'unique couche frontal (interface) de l'agent.



Les agents hybrides

- Il existe des problèmes où ni une architecture complètement réactive, ni complètement délibérative n'est appropriée.
- Les agents doivent réagir très rapidement dans certaines situations, tandis que dans d'autres, ils doivent avoir un comportement peu réfléchi.
- Une architecture conciliant à la fois des aspects réactifs et délibératifs est requise.
- L'architecture hybride est composée de plusieurs couches logicielles arrangées de manière hiérarchique.
- Les différents niveaux de la hiérarchie traitent les informations provenant de l'environnement à différents niveaux d'abstractions.
- Les couches doivent interagir ensemble pour produire le comportement global de l'agent.

Agents et apprentissage

- ❑ Les perceptions de l'agent ne devraient pas être utilisées seulement pour choisir des actions mais elles devraient être aussi utilisées pour améliorer l'habilité de l'agent à agir dans le futur.



L'apprentissage de l'agent

- ❑ L'apprentissage de l'agent lui permet d'évoluer, de s'adapter et de s'améliorer.
- ❑ Plus l'agent effectue des tâches similaires plus il devient plus rapide.
- ❑ Le comportement de l'agent passe graduellement d'un état délibératif à un état réactif.

Systemes Multi - Agents

- ✦ Dans une **organisation**, les agents devront
 - interagir pour coopérer (contrôle)
 - Collaborer (allocation de tâches)
 - Négocier (résolution de conflits)
 - se coordonner (synchronisation)
- ✦ Un SMA peut-être :
 - Ouvert / Fermé :
 - les agents y entrent et en sortent librement / l'ensemble d'agents reste le même
 - Homogène / Hétérogène :
 - tous les agents sont issus du même modèle / des agents de modèles différents, de granularités différentes (ex: un éco-système)
 - Mixte (ou non) :
 - les agents « humains » sont partie intégrante du système

Systemes multi agents

- ❑ Certains domaines requièrent l'utilisation de plusieurs entités comme par exemple les systèmes qui sont géographiquement distribués, le contrôle aérien, les bases de données distribuées...
- ❑ Besoin d'un système où plusieurs agents doivent interagir entre eux pour effectuer leurs tâches: les systèmes multi agents (SMA).
- ❑ Les SMA possèdent les caractéristiques suivantes:
 - Chaque agent admet des capacités de résolution des problèmes incomplètes.
 - Pas de contrôle global sur le système.
 - Les données sont décentralisées.
 - Les calculs sont asynchrones.

Interactions entre agents

Les systèmes multi agents peuvent:

- Coexister: Chaque agent considère les autres agents comme des composantes de l'environnement. Il peut y avoir une sorte de communication indirecte parce que les agents peuvent se percevoir les uns les autres.
- Être en compétition: le but de chaque agent est de maximiser sa propre satisfaction. Se produit lorsque plusieurs agents veulent acquérir la même ressource. Les agents doivent communiquer pour résoudre le conflit.
- Être en coopération: le but de l'agent n'est plus seulement de maximiser sa propre satisfaction, mais aussi de contribuer à la réussite du groupe.

Agent mobile

- ✦ « Un agent mobile est un agent qui peut se déplacer d'un site à un autre en cours d'exécution pour se rapprocher de données ou de ressources. Il se déplace avec son code et ses données propres, mais aussi avec son état d'exécution. L'agent décide lui-même de manière autonome de ses mouvements. Ainsi, la mobilité est contrôlée par l'application elle-même, et non par le système d'exécution. »

(G. Bernard et L. Ismail, *Apport des agents mobiles à l'exécution répartie*)

Les agents mobiles

- Agent : réalise une tâche à la place d'un usager
 - ◆ modélise le comportement d'un usager
 - ◆ s'exécute de façon autonome (objet actif)
 - ◆ communique avec d'autres agents

- Mobile : un processus migrant (avec contexte)
 - ◆ peut se déplacer de machine en machine
 - ◆ en fonction des tâches à réaliser
 - ◆ suit un itinéraire pré-défini ou dynamique

Concepts de base (1/4)

■ Agents

- ◆ unité de structuration des applications
 - code + données
- ◆ agents mobiles ou stationnaires
- ◆ ressources allouées (contrôlées) aux agents

■ Places

- ◆ endroit que peut visiter un agent
- ◆ plus fin que le site (contrôle d'accès)
- ◆ certaines places prédéfinies pour un agent (*home/proxy*)

Concepts de base (2/4)

- Déplacement
 - ◆ entre des places
 - ◆ selon un itinéraire (*ticket*) pré-défini ou dynamique
 - ◆ permet de co-localiser des agents pour des interactions locales
- Interactions
 - ◆ entre des agents co-localisés (*meeting*)
 - appel de procédure ou d'objet
 - ◆ entre des agents distants : messages

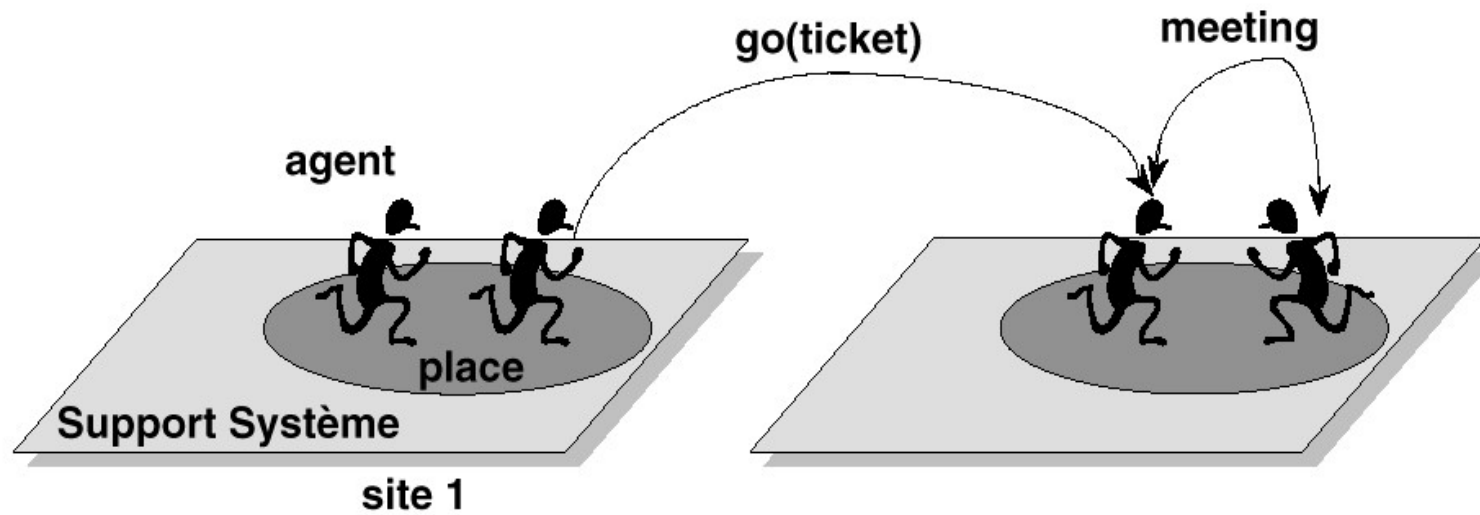
Concepts de base (3/4)

■ Contrôle d'accès

- ◆ autorité
 - associé à un agent ou une place
 - permet une authentification d'un agent ou d'une place
- ◆ permis
 - des capacités associées à des agents ou des places
 - permet de limiter des droits d'accès



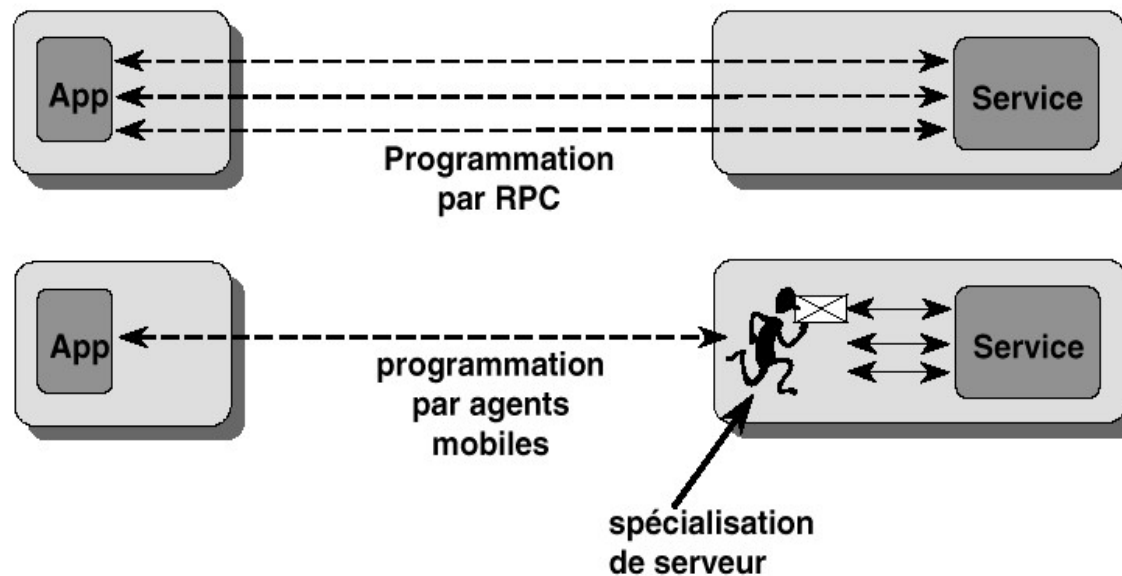
Concepts de base (4/4)



- Contrôle d'accès
 - ◆ autorité
 - ◆ permis

Avantages des agents mobiles

- Comparaison entre
 - ◆ appel de procédure à distance (RPC)
 - ◆ agents mobiles

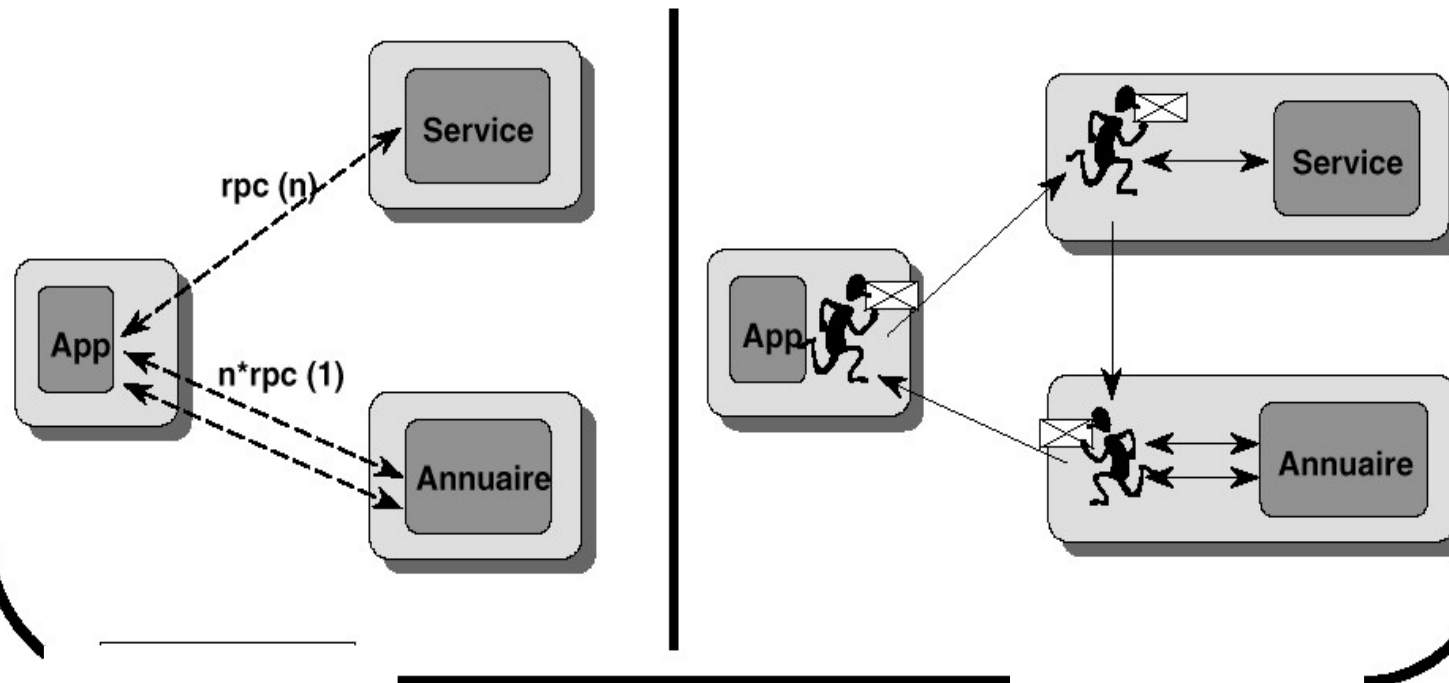


Avantages des agents mobiles

- Efficacité
 - ◆ privilégie les interactions locales
 - ◆ moins de messages à distance
- Extensibilité
 - ◆ extension des fonctions d'un serveur
 - ◆ permet aux clients d'adapter un serveur à des besoins spécifiques

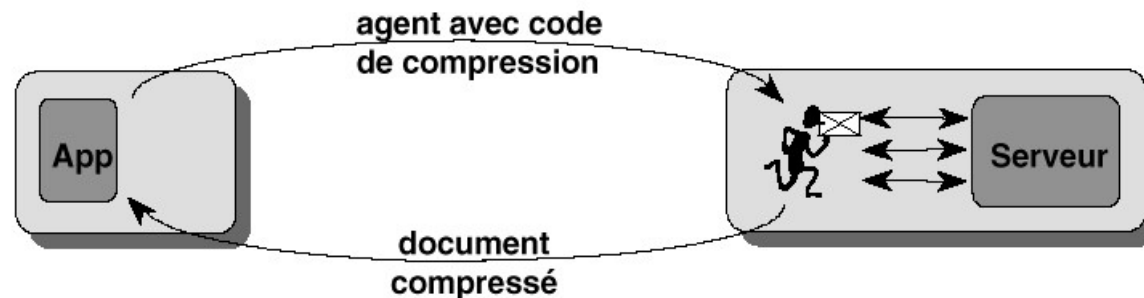
Avantages des agents mobiles

- Exemple d'efficacité
 - ◆ un serveur retourne une liste de noms
 - ◆ un serveur gère un annuaire téléphonique

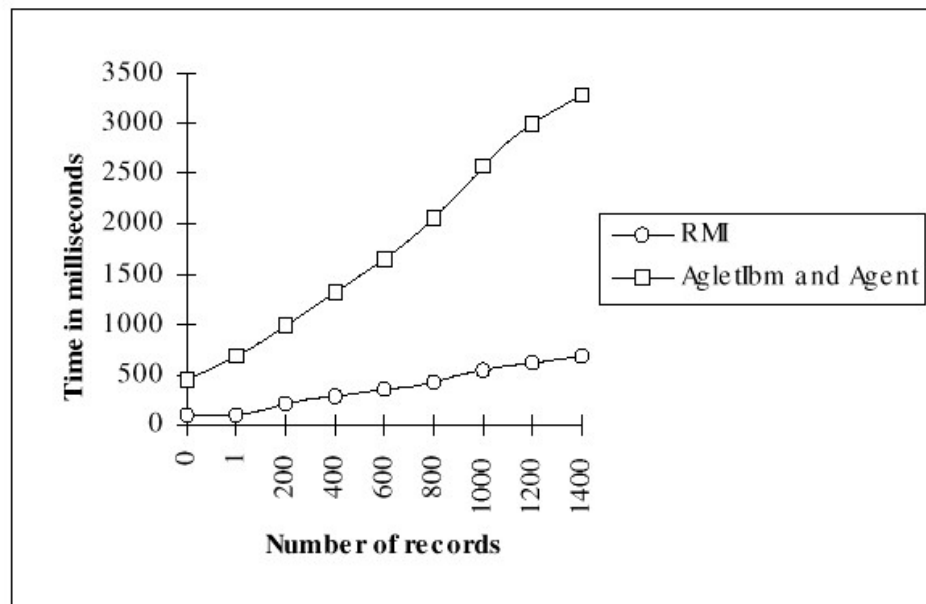


Avantages des agents mobiles

- Exemple d'extension d'un service
 - ◆ un client demande un document à un serveur
 - ◆ le client passe un algorithme de chiffrement ou de compression de données
 - ◆ le code de cet algorithme est propre au client



Comparaison aller et retour avec agents et RMI



➔ Taille enregistrement : 80 octets

➔ entre France et GB

Références

- Manuel d'intelligence artificielle, Louis Frécon, Okba Kazar, édition PPUR, suisse, 2009
- Principes et architectures des systèmes multiagents Briot et Demazeau (eds). Hermès, 2001.
- An Introduction to Multi-agent Systems par Michael Wooldridge, John Wiley & Sons, 2002. ISBN: 0-471-49691-X.
- Rapport OFTA - Systèmes Multi-Agents - ARAGO 29 Février 2004
- www.multiagent.com
- www.fipa.org
- www.agentlink.org
- aose.ift.ulaval.ca
- www-poleia.lip6.fr/~drogoul