

MODULE : IAD & AI

L'Intelligence Artificielle Distribuée & Agent Intelligent

Master 1 : **S**ciences de **D**onnées et **I**ntelligence **A**rtificielle

2023 - 2024

Plan de Présentation

- ⇒ Introduction intuitive (Source, Inspiration)
- ⇒ Rappels (Systèmes Experts , IA ...)
- ⇒ Définitions, propriétés et types d'agent.
- ⇒ Architectures et Fonctionnement d'un agent.
- ⇒ **Les Systèmes Multi Agents.**
- ⇒ **Interactions entre agents.**
- ⇒ **Langages de Communication.**
- ⇒ **Domaines d'Application.**



Propriétés des Agents

- ▶ **Proactif**: l'agent est capable, sur sa propre initiative, de se fixer des buts pour atteindre ses objectifs (opportuniste).
- ▶ **Intelligent** : un agent est « intelligent » s'il est capable de réaliser des actions *flexibles et autonomes pour atteindre les* objectifs qui lui ont été fixés. La flexibilité correspond aux propriétés de Réactivité, Pro-activité, Aptitudes sociales.
- ▶ **Apprenant** : un agent peut mémoriser ses expériences et adapter son comportement en conséquence.
- ▶ **Mobile** : un agent peut se déplacer d'une machine à une autre et éventuellement se dupliquer.



Agents Mobiles

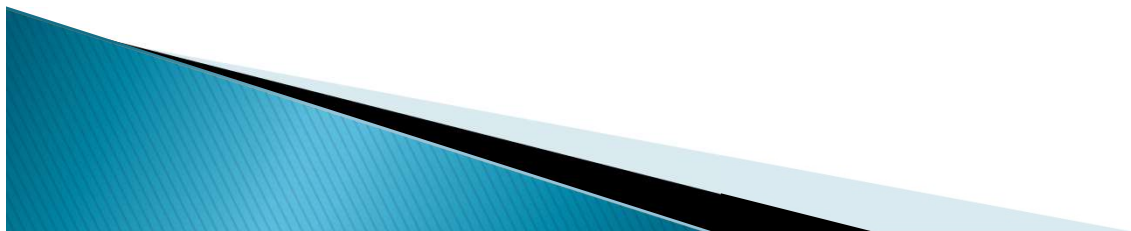
- ▶ Pièces logicielles qui peuvent :
 - Migrer d'une machine à une autre.
 - Interagir avec différentes machines.
 - Exécuter des tâches pour les utilisateurs.
 - Retourner à leur point de départ.



Agents Mobiles

► Exemple :

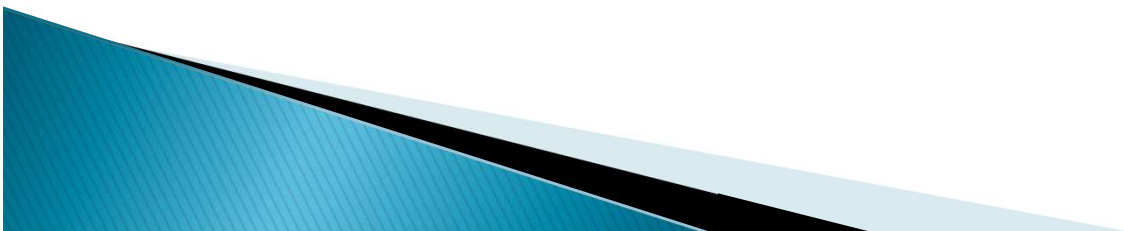
Un agent mobile pourrait déterminer le meilleur prix pour un produit proposé par les serveurs de plusieurs fournisseurs, en les consultant successivement, les uns après les autres, puis en revenant sur l'ordinateur de l'utilisateur avec la meilleure offre.



Architecture et fonctionnement des Agents

► Architecture abstraite

- $S=\{s1,s2,...\}$ l'ensemble des états de l'environnement.
- Les compétences d'un agent sont représentés par l'ensemble des actions qu'il peut réaliser : $A=\{a1,a2,...\}$
- Un agent peut être vu comme une fonction :
 - agir : $S^* \rightarrow A$, qui fait correspondre une séquence (*) d'états de l'environnement avec des actions.
- Agent purement réactif : agir : $S \rightarrow A$



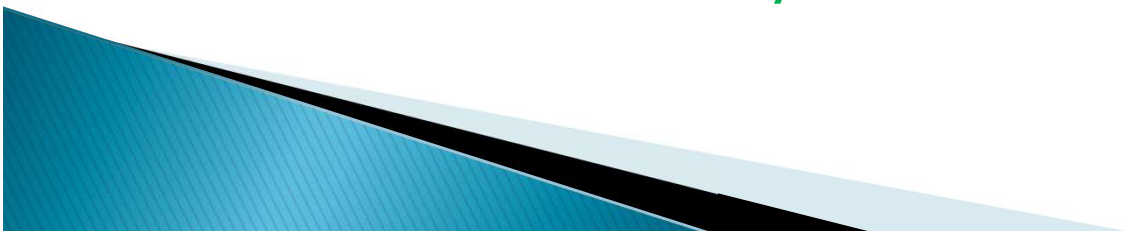
Architecture et fonctionnement des Agents

► Architecture abstraite

- Soit P l'ensemble des perceptions et capter la fonction qui fait correspondre les états de l'environnement à des perceptions qu'en a l'agent :
 - capter : $S \rightarrow P$
 - agir : $P^* \rightarrow A$
 - 2 états $s1$ et $s2$ sont équivalents pour l'agent s'il les perçoit de façon unique : $s1 \hat{=} S$ et $s2 \hat{=} S$ et $\text{capter}(s1) = \text{capter}(s2)$.
- Agent avec état :
 - I l'ensemble des états internes
 - agir : $I \rightarrow A$
 - Compiler (délibérer) : $I \times P \rightarrow I$
 - Nouveau cycle : capter – compiler – agir.

Les Systèmes Multi Agents

- ▶ Un SMA est un ensemble d'agents qui interagissent en mode de coopération, de compétition et/ou de co-existence.
- ▶ Dans un SMA
 - Chaque agent a des informations ou des capacités de résolution de limitées (ainsi, chaque agent a un point de vue partiel).
 - Il n'y a aucun contrôle global du système multi-agent.
 - Les données sont décentralisées.
 - Le calcul est asynchrone.



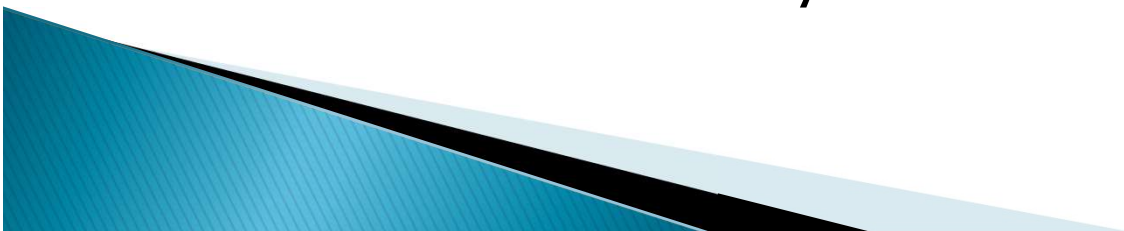
Définition d'un SMA

On appelle système multi-agent (ou SMA), un système composé des éléments suivants :

- ▶ **Un environnement E** : un espace disposant généralement d'une métrique.
- ▶ **Un ensemble d'objets O** : Ces objets sont situés, c'est à dire que, pour tout objet, il est possible à un moment donné, d'associer une position dans E .

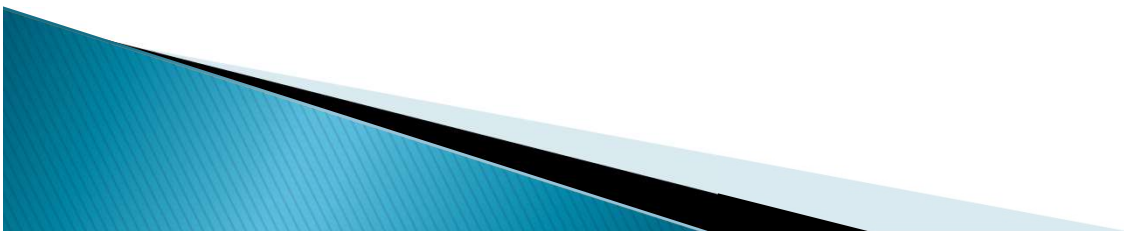
Remarque : Ces objets sont passifs, c'est à dire qu'ils peuvent être perçus, créés, détruits et modifiés par les agents.

- ▶ **Un ensemble A d'agents**, qui représentent les entités actives du système.



Définition d'un SMA

- ▶ **Un ensemble de relations R** : qui unissent les objets et les agents entre eux.
- ▶ **Un ensemble d 'opérations Op** : permettant aux agents A de percevoir, produire, consommer, transformer et manipuler les objets de O .
- ▶ **Des opérateurs** : chargés de représenter l'application de ces opérations et la réaction du monde à cette tentative de modification, que l 'on appellera les lois de l 'univers.



La métaphore sociale : SMA

Dans un Systèmes Multi–Agents, l'ensemble d'agents devront interagir pour :

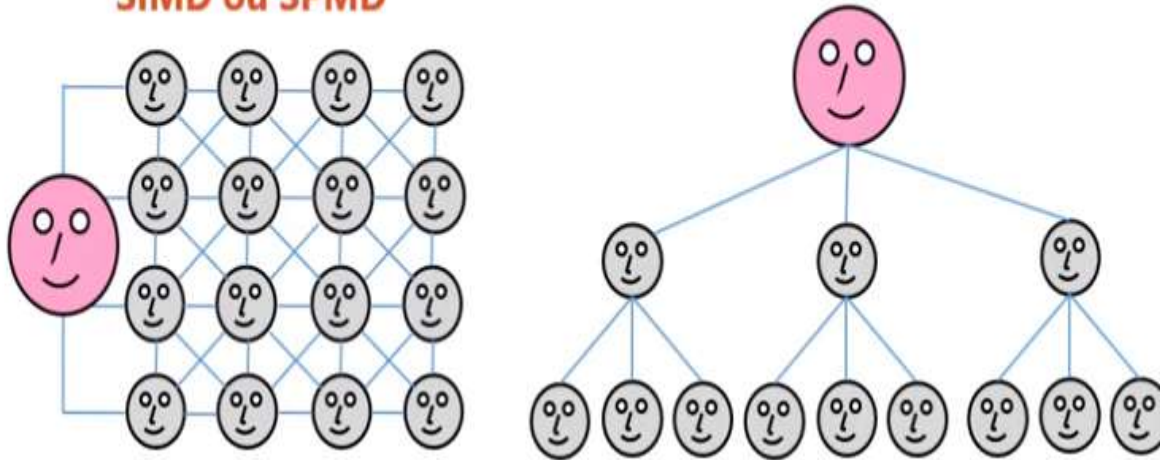
- ▶ **Coopérer** (contrôle)
- ▶ **Collaborer** (allocation de tâches)
- ▶ **Négocier** (résolution de conflits)
- ▶ **Se coordonner** (synchronisation)

un SMA peut-être:

- ▶ **Ouvert** : les agents y entrent et en sortent librement (ex: un café)
- ▶ **Fermé** : l'ensemble d'agents reste le même (ex: un match de football)
- ▶ **Homogène** : tous les agents sont construits sur le même modèle (ex: une réunion de travail, une colonie de fourmis).
- ▶ **Hétérogène** : de différents modèles.

Architectures des SMA

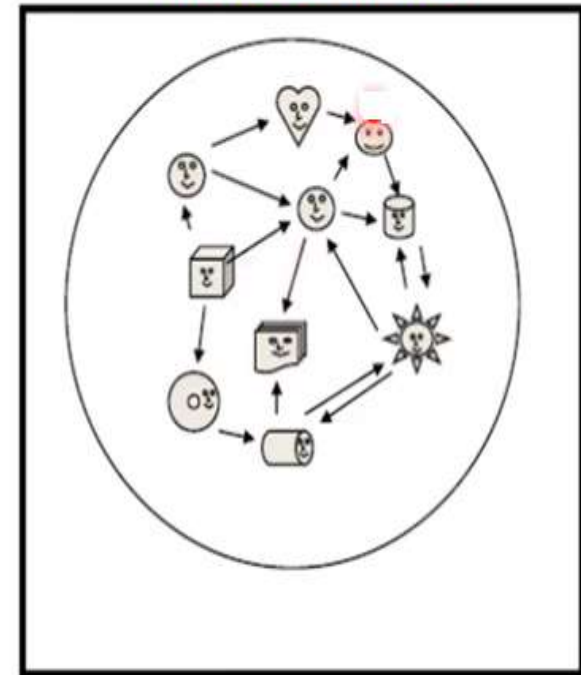
Architectures centralisées SIMD ou SPMD



Les agents ont tous la même structure : état et comportement.

Emergence ou d'Intelligence Collective.

Architectures décentralisées MIMD ou MPMD



- ⊙ Les agents ont des structures différentes
- ⊙ Sociétés d'Experts

Modèles d'Intercation

Modèles d'interaction

1. Interaction Agent ↔ Agent

- Niveau **communication**
 - Transactions : **Agent Communication Languages (ACL)**
- Niveau **connaissance** (Knowledge Level)
 - Echange de connaissances : **KIF, XML**
 - Données sémantiques : **RDF, OWL**

2. Interaction Humain ↔ Agent

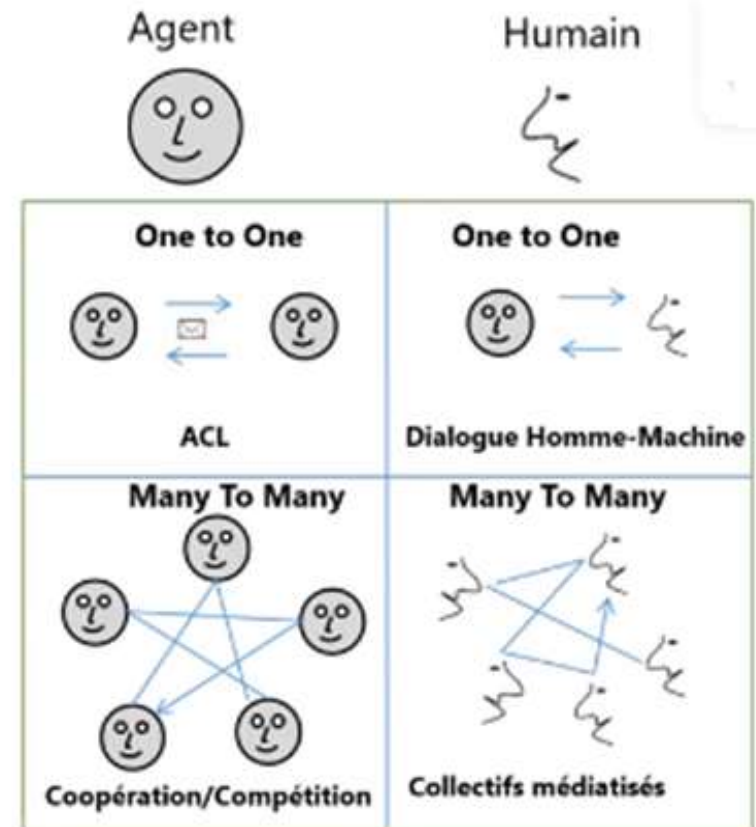
- Interactions langagières : Reconnaissance vocale

3. Interaction Multi-agents

- Résolution distribuée de problèmes (IAD) : coopération, conflits, négociation, ...

4. Interaction Multi-humains

- Modalité langagière : chat, mail, forums, visio-conférence, ...



ACL : Agent Communication Language

KIF : Knowledge Interchange Format

XML : eXtensible Markup Language

OWL : Ontology Web Language

RDF : Resource Description Framework

Communication des Agents

► Pourquoi des agents communiquent ?

- Pour coordonner leurs activités des agents peuvent se coordonner sans communiquer que s'ils possèdent des modèles de comportement des autres agents
- Pour coopérer, collaborer, négocier, ...

► Que communiquer ?

- Afin de coordonner, coopérer, négocier les agents ont en général besoin de communiquer leurs intentions, buts, résultats et états.

- 1. communication par partage d'informations
- 2. communication par envoi de messages

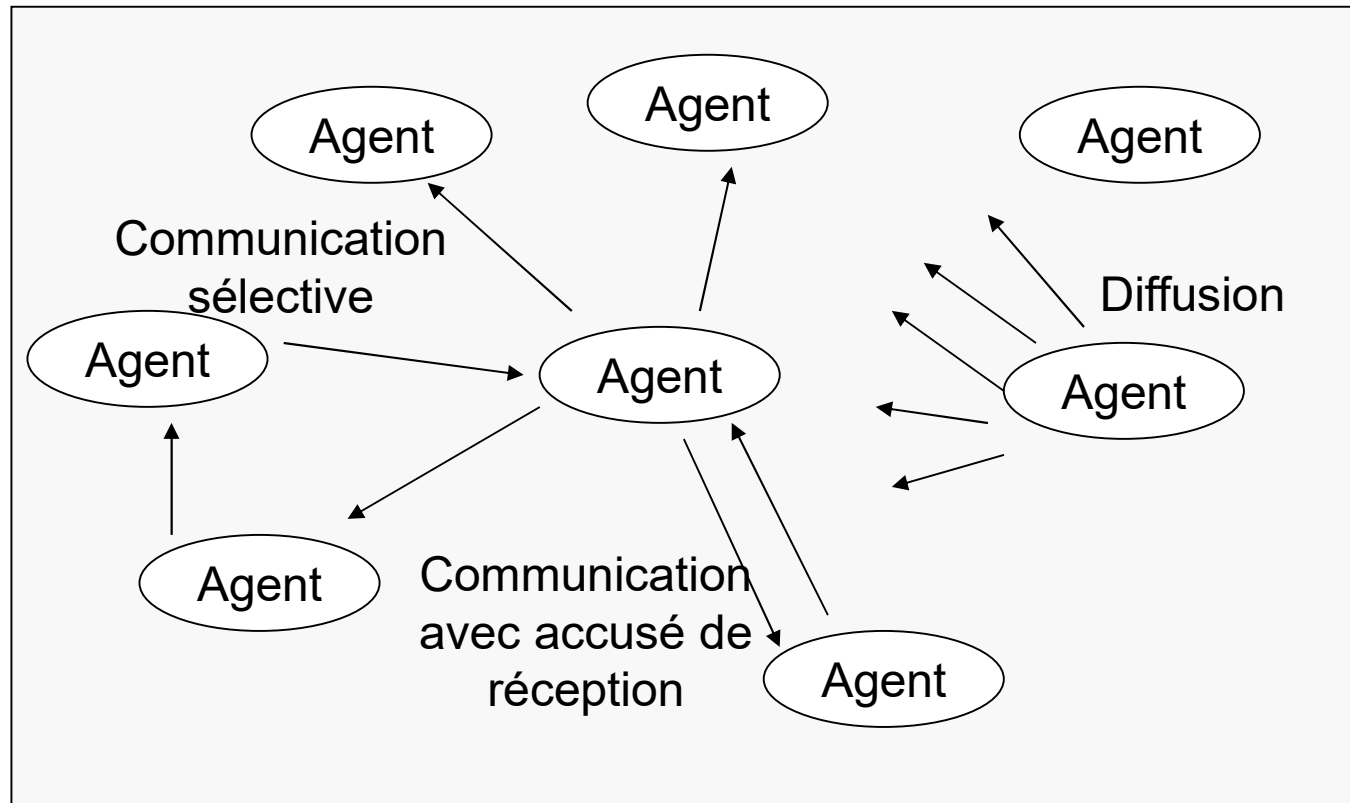
Communication des Agents

► Modalité de la communication ?

- **Expéditeur** et **Destinataire(s)** du message.
- Comment communiquer – ressources et protocole utilisés :
 - ✓ Par liens de communication (communication directe): **envoi de messages**
 - ✓ Par mémoire partagée (communication indirecte): **tableau noir** (blackboard), ...
 - ✓ Par l'intermédiaire de **conventions partagées**, ...

Communication

Par envoi de messages

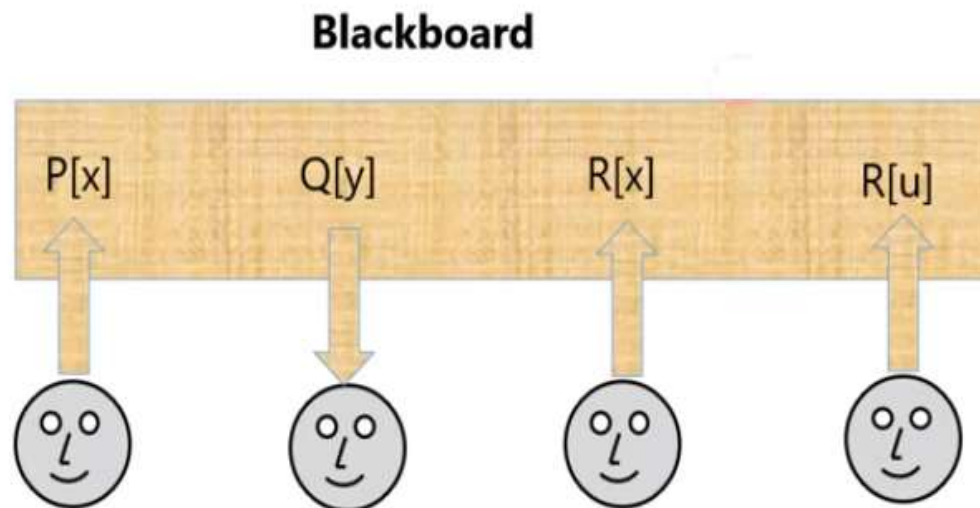


Communication

Mécanisme du Blackboard

Blackboard (base de connaissances)

- Plusieurs agents déposent et recueillent des objets ou des informations dans une partie de l'environnement prévue à cet effet.
- Cette partie commune est appelée « **Blackboard** »

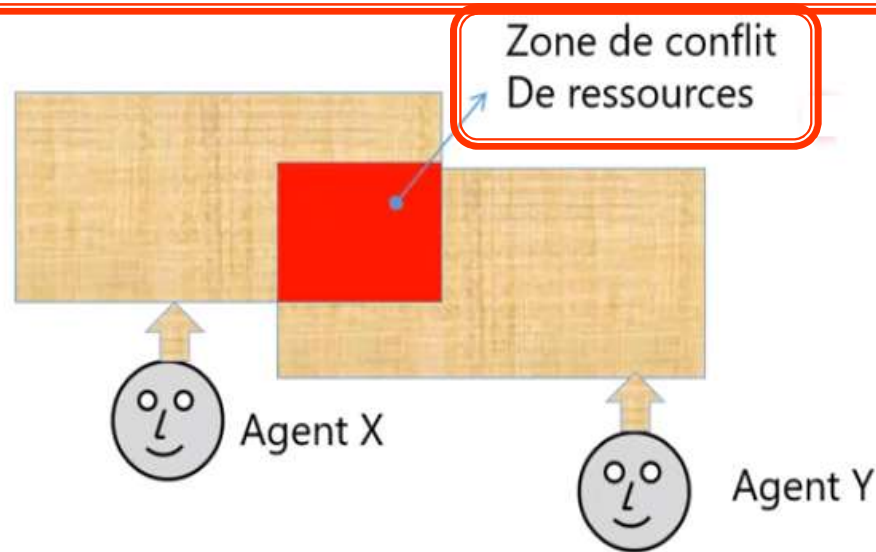


Communication

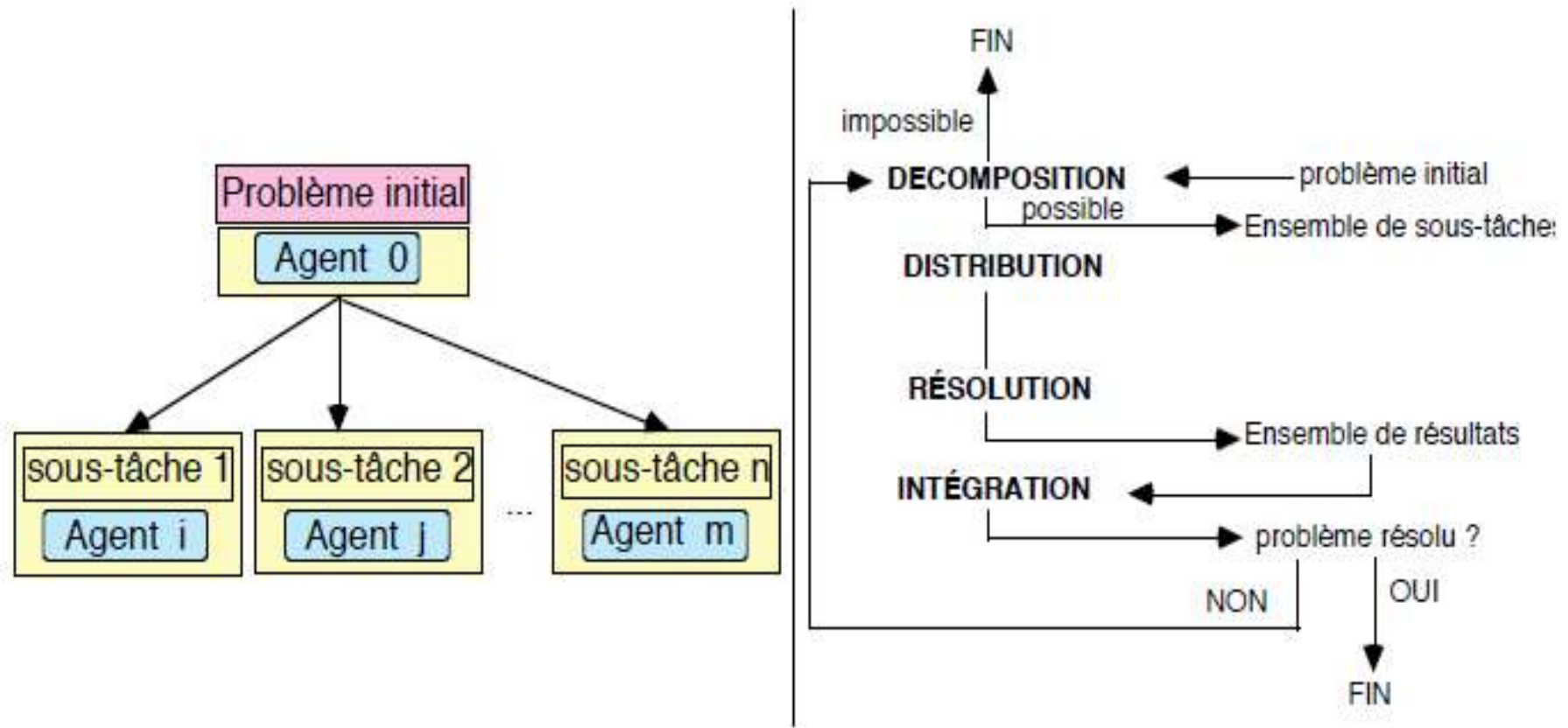
Indirecte

Partage de ressources (**Stigmergie**)

- Les modèles de population animales par exemple sont fondés sur une compétition pour une quantité de ressources à partager qui est fixée : **la ressource sert alors de médiateur entre les agents.**
- Les fourmis par exemple communiquent en déposant des **phéromones** derrière elles, pour que d'autres fourmis puissent suivre la piste jusqu'à la nourriture ou la colonie suivant les besoins, ce qui constitue un système stigmergique



Exemple de Communication



Langages de Communication ACL

ACL : Agent Communication Language [Mayfield 95]

- Tous les messages du langage ont une même structure :
 - ✓ L'entête du message (le but recherché par l'expéditeur)
 - ✓ Le corps de message (texte libre, demande d'un service, réponse à une demande, envoi d'une information).
 - ✓ Le protocole de communication a été développé suivant la norme OSI (Open System Interconnexion).

Langages de Communication KQML

- **KQML** : langage et protocole de communication de haut niveau, orienté message pour l'échange d'information entre agents.
- **KQML** : pour supporter l'interopérabilité entre les agents intelligents dans une application distribuée.
- **KQML est indépendant** :
 - ✓ Du mécanisme de transport (**tcp/ip, email, corba objects ...**)
 - ✓ Du langage de contenu (**SQL, STEP, Prolog ...**)
 - ✓ De l'**ontologie** concernée par le contenu.

Plateformes SMA

AnyLogic : Logiciel de simulation multi-agents et multi-méthode

CORMAS : (COmmon Resources Multi-Agent System) est un framework de développement de systèmes multi-agents, open-source et basé sur le langage de programmation orientée objet SmallTalk. Il est centré sur des problématiques de recherche en sciences du développement et de négociation entre acteurs.

DoMIS : est un outil permettant la conception de Systèmes Multi-agents (orientés "*pilotage opérationnel de systèmes complexes*") . Utilisé Pour l'analyse décisionnelle des systèmes complexes.

JACK : est un langage de programmation et un environnement de développement pour agents cognitifs, développé par la société Agent Oriented Software comme une extension orientée agent du langage Java.

JADE : (Java Agent DEvelopment) est un framework de développement de systèmes multi-agents, open-source et basé sur le langage Java. Il offre en particulier un support avancé de la norme FIPA-ACL, ainsi que des outils de validation syntaxique des messages entre agents basé sur les ontologies.

Jadex : est une plate-forme agent développée en JAVA par l'université de Hambourg qui se veut modulaire, compatible avec de nombreux standards et capable de développer des agents.

Jagent : est un framework open source réalisé en Java dont l'objectif est de faciliter le développement et le test de systèmes multi-agents.

Plateforme JADE

JADE est une plate-forme multi-agent créé par le laboratoire TILAB.

C'est un framework qui permet le développement de systèmes multi-agents et d'applications conformes aux normes FIPA (Foundation for Intelligent Physical Agents).

La FIPA est une organisation en 1996 dont l'objectif est de produire des standards pour l'interopération d'agents logiciels hétérogènes.

JADE possède trois modules principaux (nécessaire aux normes FIPA).

- DF « Directory Facilitator » fournit un service de « pages jaunes » à la plate-forme ;
- ACC « Agent Communication Channel » gère la communication entre les agents ;
- AMS « Agent Management System » supervise l'enregistrement des agents, leur authentification, leur accès et l'utilisation du système.

Ces trois modules sont activés à chaque démarrage de la plate-forme.

Plateforme JADE

JADE est un middleware qui facilite le développement des systèmes multi agents (SMA). JADE contient :

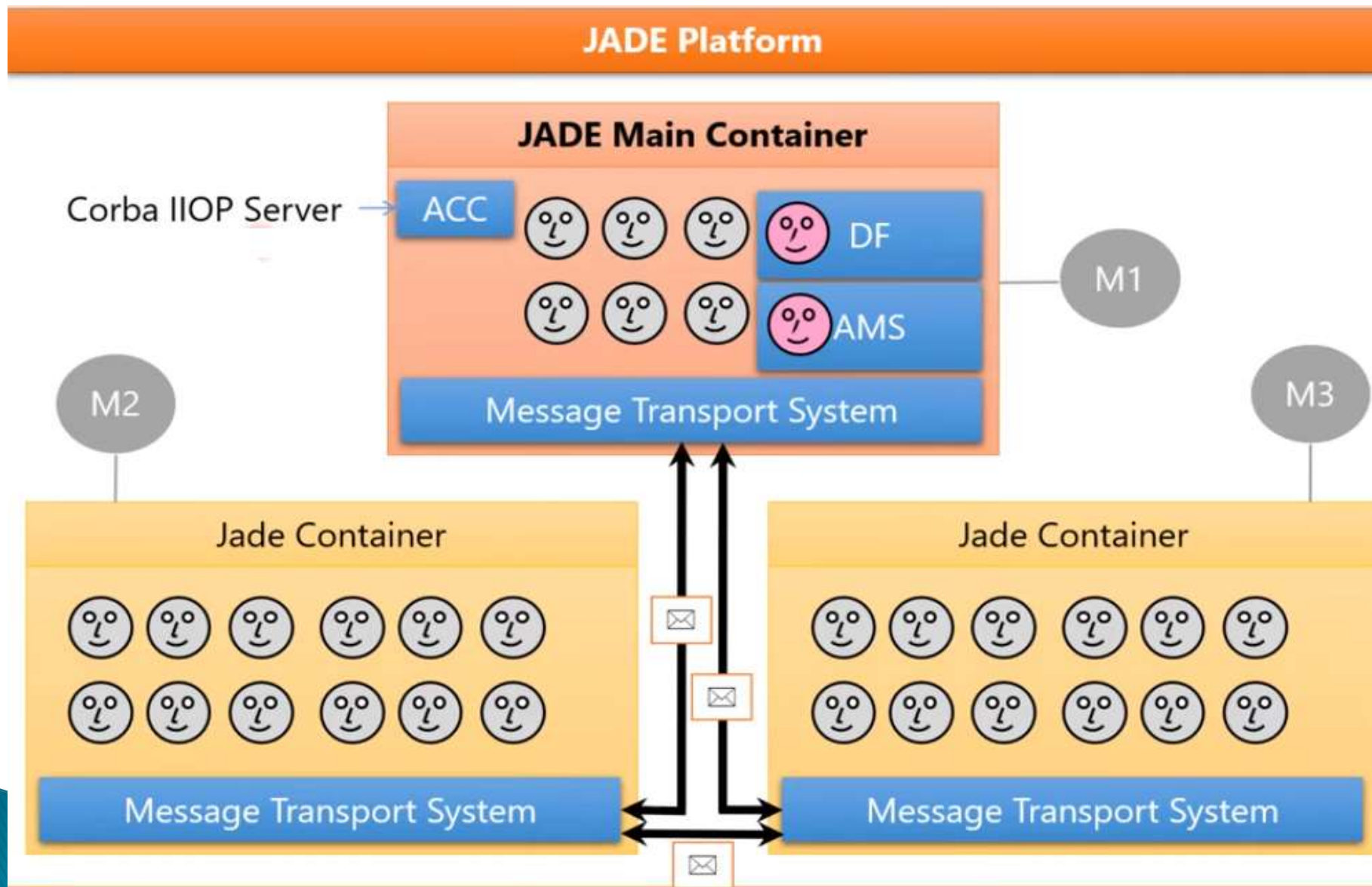
- Un Runtime Environment : l'environnement où les agents peuvent vivre.
- Une librairie de classes : que les développeurs utilisent pour écrire leurs agents
- Une suite d'outils graphiques : qui facilitent la gestion et la supervision de la plateforme des agents

Chaque instance du JADE est appelée conteneur « **Container** », et peut contenir plusieurs agents.

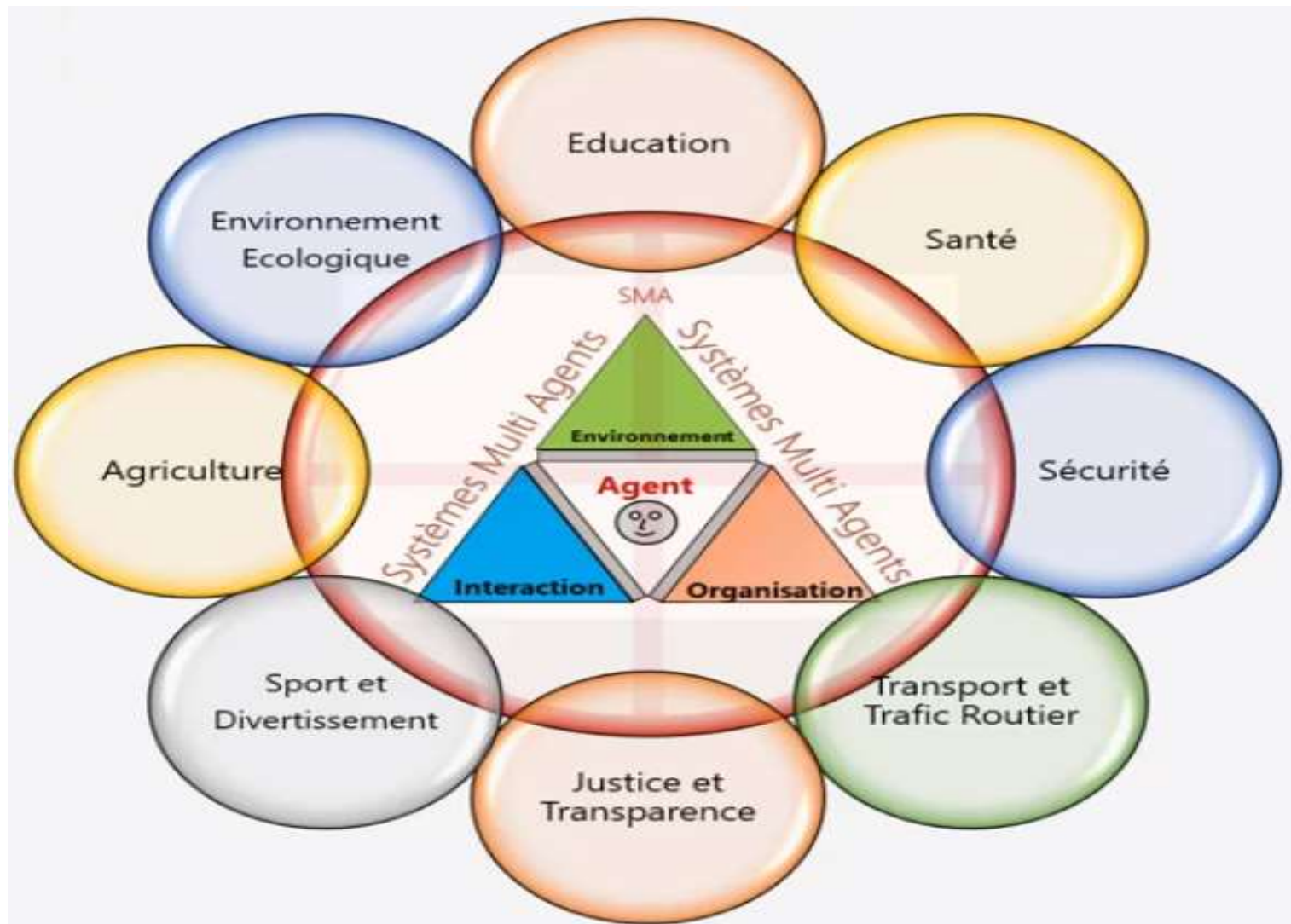
Un ensemble de conteneurs constitue une **plateforme**.

Chaque plateforme doit contenir un conteneur spécial appelé **main-container** et tous les autres conteneurs s'enregistrent auprès de celui-là dès leur lancement

Plateforme JADE



Domaines d'Application



Domaines d'application

- ▶ **Systèmes de production** : ordonnancement d'ateliers, conduite de processus industriels, systèmes multi-capteurs, ...
- ▶ **Diagnostic** : diagnostic à multiples niveaux
- ▶ **Taches de contrôle** : contrôle du trafic routier, trafic aérien, distribution d'énergies, ...
- ▶ **Taches d'interprétation** : interprétation de signaux, reconnaissance de la parole, reconnaissance et compréhension des formes, ...
- ▶ **Télécommunications, systèmes de transports, réseaux** : routage, équilibrage de charges, recouvrement d'erreurs, management et surveillance de réseaux, ...

Domaines d'application

- ▶ **Robotique distribuée** : planification multi-robot, robots autonomes mobiles, ...
- ▶ **Télématique (Internet)** : agents "intelligents", agents d'interface, agents mobiles, ...
- ▶ **Simulation de systèmes complexes** : simulation individu-centrée, ...
- ▶ **Commerce électronique**
- ▶ **Data Mining**
- ▶ **Travail collaboratif assisté par ordinateur** : agents assistants, agents médiateurs, workflows, gestion des rendez-vous, personal digital assistants (PDA), ...

• ...

Références Bibliographiques

□ Livres à recommander :

- Ferber J. (95), Les systèmes multi-agents, InterEditions.
- Weiss G. – editor (00), Multiagent Systems, MIT Press.
- Singh M. (94), Multiagent Systems, Springer Verlag.
- Conte R., Castelfranchi C. (1995), Cognitive and Social Action, UCL Press.
- Haddadi A. (95), Communication and Coopération in Agent Systems, Springer Verlag.
- Dennett, D. C., 1987. "The intentional stance", MIT Press.
- O'Hare G.M.P. & Jennings N.R. – editors (96), Foundations of Distributed Artificial Intelligence, Wiley-Interscience.
- Bradsham M. – editor (97), Software Agents, AAAI Press – The MIT Press.
- Huhns M.N. & Singh M.P. – editors (97), Readings in Agents, Morgan-Kaufmann.

The background of the slide is a light gray gradient. It is decorated with abstract circuit board patterns. In the top-left and bottom-right corners, there are complex, multi-colored circuit traces in red, blue, green, and black. On the right side, there is a large, dark blue silhouette of a human brain, which is filled with a dense pattern of circuit traces. The text "Merci pour votre attention .." is centered on the left side of the slide in a bold, italicized, blue font.

***Merci pour votre
attention ..***