

Bases de l'Intelligence Artificielle Distribuée

Historique de l'IAD et des SMA

Mr. KHEBBACHE Mohib Eddine

2^{ème} année SDIA

25 septembre 2022

mohibeddine-khabache@univ-eloued.dz

Historique
de l'IAD et
des SMA

Mr.
KHEB-
BACHE
Mohib
Eddine

Intelligence
Artificielle
(IA)

Système à
base de
connaiss-
sance

De L'IA à
l'IA
Distribuée

l'Intelligence
Artificielle
Distribuée
(IAD)

Systèmes
Multi-
Agents(SMA)

Plan

1 Intelligence Artificielle (IA)

Plan

- 1 Intelligence Artificielle (IA)
- 2 Système à base de connaissance

Plan

- 1 Intelligence Artificielle (IA)
- 2 Système à base de connaissance
- 3 De L'IA à l'IA Distribuée

Plan

- 1 Intelligence Artificielle (IA)
- 2 Système à base de connaissance
- 3 De L'IA à l'IA Distribuée
- 4 l'Intelligence Artificielle Distribuée (IAD)

Plan

- 1 Intelligence Artificielle (IA)
- 2 Système à base de connaissance
- 3 De L'IA à l'IA Distribuée
- 4 l'Intelligence Artificielle Distribuée (IAD)
- 5 Systèmes Multi-Agents(SMA)

Plan

- 1 Intelligence Artificielle (IA)
- 2 Système à base de connaissance
- 3 De L'IA à l'IA Distribuée
- 4 l'Intelligence Artificielle Distribuée (IAD)
- 5 Systèmes Multi-Agents(SMA)



Intelligence Artificielle (IA)

historique

Historique
de l'IAD et
des SMA

Mr.
KHEB-
BACHE
Mohib
Eddine

Intelligence
Artificielle
(IA)

Système à
base de
connaiss-
sance

De L'IA à
l'IA
Distribuée

l'Intelligence
Artificielle
Distribuée
(IAD)

Systèmes
Multi-
Agents(SMA)

- Le terme d'**Intelligence Artificielle (IA)** ou « **Artificial Intelligence (AI)** » est apparu pour la première fois en **août 1956 au collège de Dartmouth (Dartmouth College - USA)**
- lors d'une conférence portant sur l'intelligence des ordinateurs (machines) et qui a réuni de grands scientifiques tels que **J.McCarthy, M. Minsky, C.Shannon, A.Newell, et H.Simon**
- C'est à l'occasion de cette conférence que JOHN McCARTHY du MIT invente le terme « artificial intelligence » comme une discipline pour modéliser la complexité de l'intelligence humaine et remplacer les termes :
 - complex information processing
 - heuristic programming.



Intelligence Artificielle (IA)

définition

Historique
de l'IAD et
des SMA

Mr.
KHEB-
BACHE
Mohib
Eddine

Intelligence
Artificielle
(IA)

Système à
base de
connaiss-
sance

De L'IA à
l'IA
Distribuée

l'Intelligence
Artificielle
Distribuée
(IAD)

Systèmes
Multi-
Agents(SMA)

Artificielle

désigne ce qui n'est pas un produit de la nature.

Intelligence (source de nombreuses disputes)

- Faculté de connaître, comprendre et s'adapter (facultés mentales)...". Jean-Pol Tassin (Pour la Science, Décembre 1998).
- faculté de raisonner, apprendre et exploiter un savoir où celle de percevoir et manipuler des objets du monde réel

Intelligence Artificielle

imiter les **capacités cognitives** d'un être humain

l'Intelligence artificielle implique l'utilisation de mécanismes basées sur **le comportement intelligent et les facultés cognitives** des humains ou des animaux pour résoudre des problèmes complexes

Le comportement intelligent (facultés cognitives) implique

- le raisonnement humain et leurs activités associées, telles que :
 - la perception,
 - l'apprentissage,
 - la prise de décision
 - la résolution de problèmes
 - la communication.

en Informatique

- "l'IA est la science de programmer les ordinateurs pour qu'ils réalisent des tâches qui nécessitent de l'intelligence." Marvin Minsky
- L'IA est reconnue comme étant une discipline informatique qui regroupe l'ensemble des "**théories et des techniques**" pour objectif de modéliser ou de simuler des comportements humains intelligents

Donc

- Apporter à l'ordinateur une certaine compétence
 - en utilisant des modèles informatiques (algos (Heuristics) & data structures & combinatorial complexity)
 - consacrés à l'automatisation de comportements intelligents.
- pour résoudre des problèmes qui n'ont pas de solution algorithmique.



Intelligence Artificielle (IA)

Objectif

Historique
de l'IAD et
des SMA

Mr.
KHEB-
BACHE
Mohib
Eddine

Intelligence
Artificielle
(IA)

Système à
base de
connaiss-
sance

De L'IA à
l'IA
Distribuée

l'Intelligence
Artificielle
Distribuée
(IAD)

Systèmes
Multi-
Agents(SMA)

systemes passant le test de Turing

Concevoir des systèmes informatiques intelligents (machine intelligente) qui démontrent des capacités comparables au raisonnement humain i.e **se comportent comme les êtres humains** dans des tâches jugées complexes

- Cette thématique souleva un grand nombre de questions



Intelligence Artificielle (IA)

Test de Turing : The Imitation Game

Historique
de l'IAD et
des SMA

Mr.
KHEB-
BACHE
Mohib
Eddine

Intelligence
Artificielle
(IA)

Système à
base de
connaiss-
sance

De L'IA à
l'IA
Distribuée

l'Intelligence
Artificielle
Distribuée
(IAD)

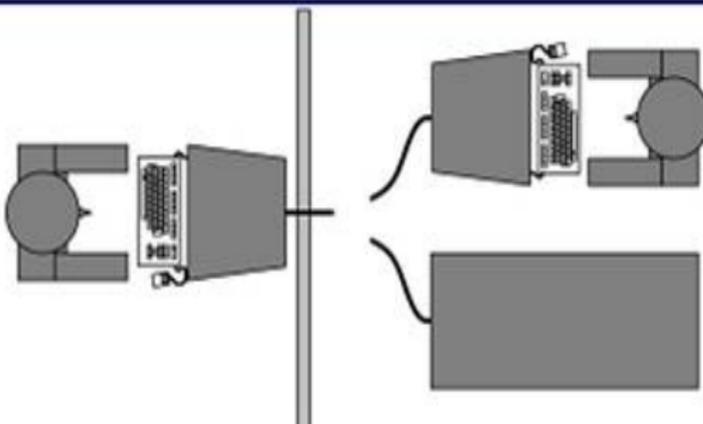
Systèmes
Multi-
Agents(SMA)

Questions

Est-ce que les machines pensent ? Est-ce qu'elle peut être intelligente ?

- Ces questions intéresses, **Alan Turing** l'un des fondateurs de la science informatique.
- il inventa un test empirique : **Test de Turing (1950) (can machines think ?)**
- consistant à dire qu'une machine est intelligente si on ne peut la distinguer d'un être humain lors d'une conversation

- L'expérience consiste à mettre un expérimentateur devant un terminal informatique et à le relier soit à un autre opérateur humain soit à un ordinateur.
- Au travers d'un dialogue, l'expérimentateur doit décider si son interlocuteur est un humain ou une machine.





Intelligence Artificielle (IA)

domaines d'application

Historique
de l'IAD et
des SMA

Mr.
KHEB-
BACHE
Mohib
Eddine

Intelligence
Artificielle
(IA)

Système à
base de
connaiss-
sance

De L'IA à
l'IA
Distribuée

l'Intelligence
Artificielle
Distribuée
(IAD)

Systèmes
Multi-
Agents(SMA)

- apprentissage automatique "Artificiel" (machine learning)
- vision par ordinateur (computer vision), vie artificielle (artificial life)
- Reconnaissance et synthèse de la parole et d'images, Reconnaissance de l'écriture, traitement du langage naturel
- Computer science (Big Data, Cloud, IOT, web intelligent (web 3.0) ...)
- Planification et Transport (véhicules autonomes)
- jeux (échecs en particulier)
- Robotique
- cognitive science, AIDE À LA DÉCISION
- Santé et Agriculture (systèmes experts)
- Intelligence ambiante
- Industrie 4.0 (industrie du futur)



Intelligence Artificielle (IA)

domaines d'application : voitures autonomes

Historique
de l'IAD et
des SMA

Mr.
KHEB-
BACHE
Mohib
Eddine

Intelligence
Artificielle
(IA)

Système à
base de
connaiss-
sance

De L'IA à
l'IA
Distribuée

l'Intelligence
Artificielle
Distribuée
(IAD)

Systèmes
Multi-
Agents(SMA)

Les voitures autonomes (self-driving cars or autonomous vehicles) doivent combiner différentes techniques d'IA : ⇒

- **vision par ordinateur (computer vision) et apprentissage en profondeur (deep learning)** ⇒ pour la détection des objets environnants réalisant la fonction de la perception du véhicule autonome
- **recherche et planification** pour trouver l'itinéraire le plus approprié entre le point A et le point B
- **prise de décision** en cas d'incertitude pour faire face à un environnement complexe et dynamique.

le passage d'aides à la conduite (**systèmes Advanced Driver Assistance Systems (ADAS)**) à des voitures complètement autonomes (**systèmes Advanced Driving Systems (ADS)**) ⇒ la conduite est confiée aux machines.

- L'IA s'appuie sur :
 - **Sciences cognitives (sciences humaines)** : Psychologie, linguistique, Sociologie, Neuro Biologie, Biosphère.
 - **une centralisation** et **une concentration** de **l'intelligence** au sein d'un **système unique**.
- **AI-based systems : program + data**, donc un programme d'IA :
 - manipule des informations (data)
 - **incomplètes, incertaines, imprécises et inexactes**
 - ayant une **représentation symboliques** ⇒ souvent codées dans **une représentation logique, graphique ou hybride (concepts, objets, règles...)**.
 - traitées par **des méthodes de résolution approchées**



Historique
de l'IAD et
des SMA

Mr.
KHEB-
BACHE
Mohib
Eddine

Intelligence
Artificielle
(IA)

Système à
base de
connaiss-
sance

De L'IA à
l'IA
Distribuée

l'Intelligence
Artificielle
Distribuée
(IAD)

Systèmes
Multi-
Agents(SMA)

- **En informatique classique**, la résolution repose sur :
 - des données (data) **de type numérique**
 - traitées par des algorithmes basé sur **des approches exactes**
⇒ pour trouver des solutions **optimales, déterministes et exactes** .
- **AI-based systems**, la résolution repose sur :
 - **des méthodes de résolution approchées** ⇒ heuristiques ou métaheuristiques
 - techniques de raisonnement et décision particuliers (approximatif, non monotone, etc.),
 - qui emprunte des voies **non déterministes** dont le succès n'est pas garanti ⇒ **pas de solution exacte, mais seulement une approximation.**



Un algorithme dit "heuristique"

une heuristique est un algorithme approché qui permet d'identifier en temps polynomial au moins **une solution réalisable rapide** \Rightarrow shortcuts to solutions.

- \Rightarrow **solution réalisable** \Rightarrow pas obligatoirement optimale \Rightarrow calculer une solution approchée

Un algorithme dit "métaheuristique"

Un algorithme de résolution "métaheuristique" est un algorithme heuristique "générique" (souvent stochastique) qu'il faut adapter à chaque problème (via un ensemble de paramètres).

- Exemple : **algorithmes évolutionnaires et génétiques**



Intelligence Artificielle (IA)

méthodes de résolution

Historique
de l'IAD et
des SMA

Mr.
KHEB-
BACHE
Mohib
Eddine

Intelligence
Artificielle
(IA)

Système à
base de
connaiss-
sance

De L'IA à
l'IA
Distribuée

l'Intelligence
Artificielle
Distribuée
(IAD)

Systèmes
Multi-
Agents(SMA)

- **Generally speaking** : solving **large, difficult and complex problem** \Rightarrow finding complete solutions using more powerful **search mechanism** that scale up to such problem based on **domain-specific knowledge** that allows larger **reasoning steps**
- \Rightarrow **Concevoir des Systèmes à base de connaissance (Knowledge based systems)**

Plan

- 1 Intelligence Artificielle (IA)
- 2 Système à base de connaissance
- 3 De L'IA à l'IA Distribuée
- 4 l'Intelligence Artificielle Distribuée (IAD)
- 5 Systemes Multi-Agents(SMA)

- Les SBC(KBS) sont conçus pour approcher les performances d'experts humains dans des domaines limités en exploitant un ensemble de connaissances acquises.
- Donc, les SBC sont fondés sur une séparation entre
 - **les connaissances** nécessaires pour résoudre un problème \implies Bases de connaissances (**knowledge base**) codées avec un ou plusieurs modes de représentation
 - et les **mécanismes de raisonnement** exploitant ces connaissances selon un certain mode de représentation \implies (**knowledge reasoning usinig inference engine**).

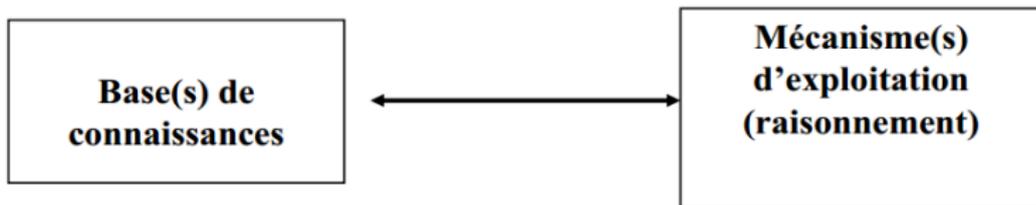
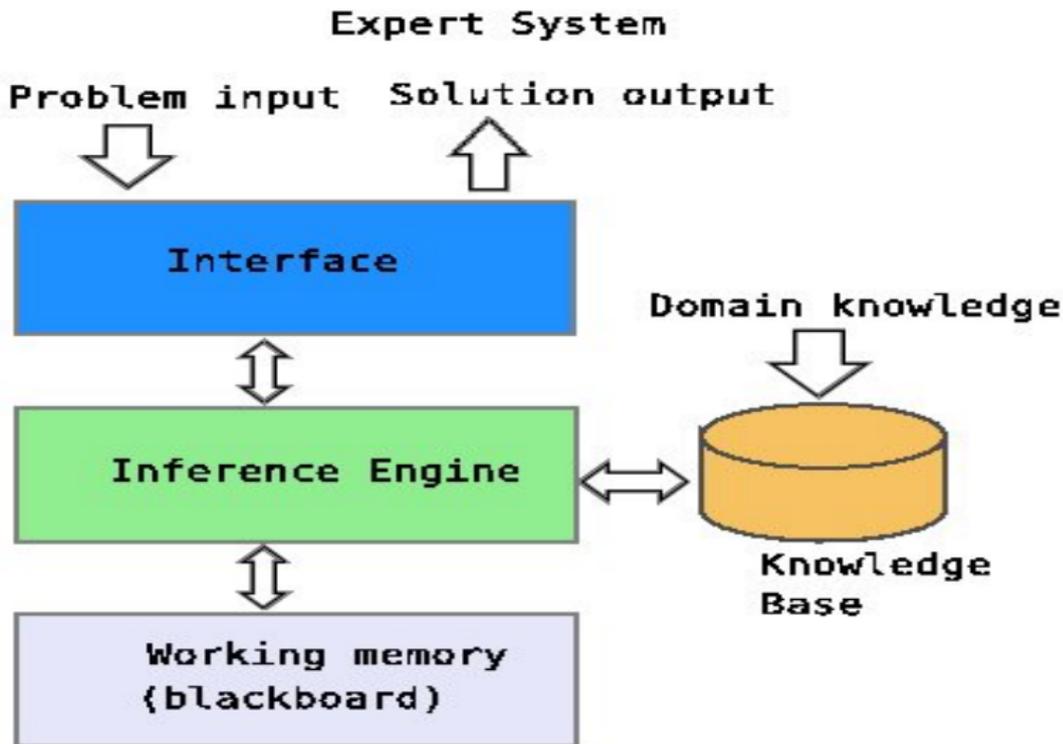


Schéma simplifié d'un système à bases de connaissances





Historique
de l'IAD et
des SMA

Mr.
KHEB-
BACHE
Mohib
Eddine

Intelligence
Artificielle
(IA)

Système à
base de
connaiss-
sance

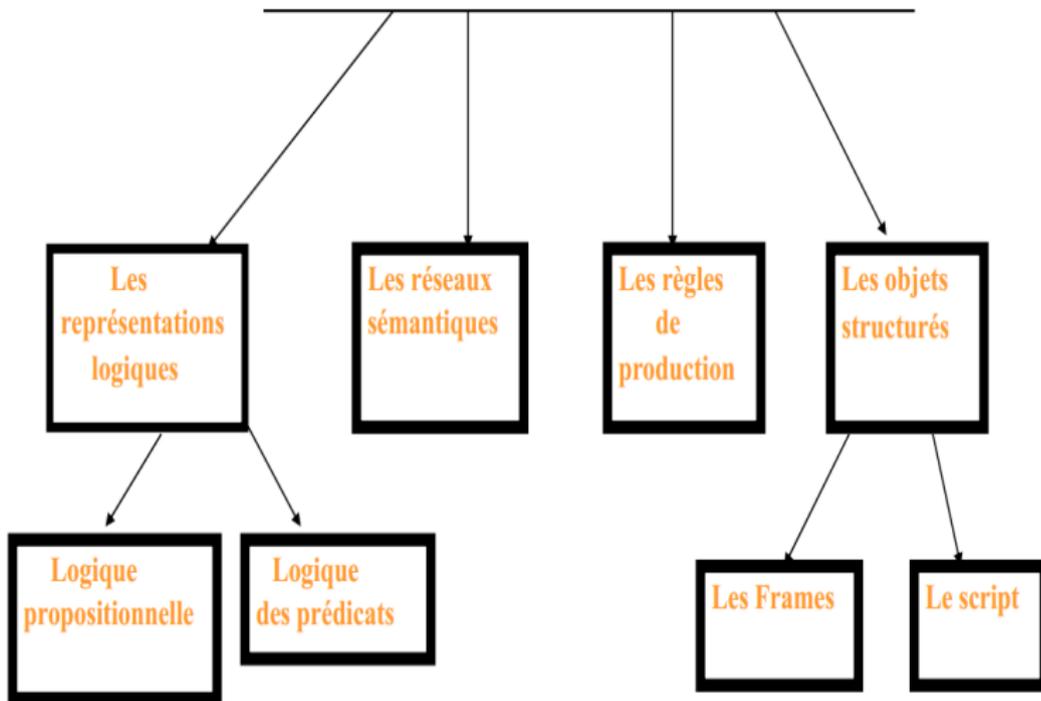
De L'IA à
l'IA
Distribuée

l'Intelligence
Artificielle
Distribuée
(IAD)

Systèmes
Multi-
Agents(SMA)

- la problématique du système à base de connaissance se relève au
 - choix du formalisme d'extraction, représentation et expression des connaissances (a priori ou générées) associées à la résolution d'un problème considéré
 - choix du formalisme de raisonnement, modification et mise à jour de ces connaissances.

- Les SBC nécessitent **une représentation** adéquate des connaissances (**knowledge representation**)





Historique
de l'IAD et
des SMA

Mr.
KHEB-
BACHE
Mohib
Eddine

Intelligence
Artificielle
(IA)

Système à
base de
connaiss-
sance

De L'IA à
l'IA
Distribuée

l'Intelligence
Artificielle
Distribuée
(IAD)

Systèmes
Multi-
Agents(SMA)

- L'assertion **3 est supérieur à 2** est une proposition logique ayant la valeur vraie.
- Plusieurs connecteurs (portes) logiques sont utilisés pour combiner des propositions élémentaires, tel que : **ET, OU, NON, \Rightarrow , \Leftrightarrow**
- La règle utilisée pour exploiter une base de connaissances en logique propositionnelle est dite « **règles de MODUS PONENS** ».

Elle déclare que

Si x est vrai et si l'implication $x \Rightarrow y$ est vrai, alors y est vrai. Cela se traduit formellement par : $(x, (x \Rightarrow y)) \Rightarrow y$



Historique
de l'IAD et
des SMA

Mr.
KHEB-
BACHE
Mohib
Eddine

Intelligence
Artificielle
(IA)

Système à
base de
connaissance

De L'IA à
l'IA
Distribuée

l'Intelligence
Artificielle
Distribuée
(IAD)

Systèmes
Multi-
Agents(SMA)

Exemple

Quand le ciel est bleu, le soleil brille ($x \Rightarrow y$) Or le ciel est bleu (x) Donc le soleil brille (y).



En fonction de l'application, le concepteur de système prend en compte un certain nombre de critères parmi les suivants :

- Transparence.
- Conceptualisation
- Efficacité de programmation
- Combinatoire
- Modularité
- Equilibre déclaratif / procédural
- Equilibre implicite/explicite
- Etendu de la représentation
- Imprécision, incertitude et incomplétude
- Niveau de granularité
- Généralité



Les SBC nécessitent de développement des mécanismes (algorithmes / heuristiques) efficaces pour l'extraction, l'exploitation et le raisonnement de leurs connaissances

- Le raisonnement dans un système à base de connaissances peut être schématisé comme un enchaînement de découvertes d'éléments de connaissances s'appuyant sur les informations connues
- Aspects du raisonnement
 - Raisonnement logique
 - Raisonnement Approximatif
 - Raisonnement Temporel
 - Raisonnement hypothétique et maintien de vérité
 - Raisonnement qualitatif
 - Raisonnement par classification
 - Raisonnement par analogie
 - Raisonnement par cas
 - Raisonnement distribué

les premières d'approches d'IA basée sur la conception d'un système intelligent par une approche experte \Rightarrow **Un système expert (ou EXPERT SYSTEM)**

l'une des voies tentant d'aboutir à l'intelligence artificielle.

- un système expert est un Système informatique (logiciel) capable, dans un domaine particulier :
 - de simuler le comportement et imiter la capacité de prise de décision d'un expert humain
 - pour résoudre un problème complexe et répondre à des questions,
 - en effectuant un raisonnement à partir connaissances (faits et règles), représentées principalement comme des règles si-alors (if-then).
- Donc, Il peut servir comme outil d'aide à la décision (decision support tool)



Système à base de connaissance

systeme expert (EXPERT SYSTEM)

Historique
de l'IAD et
des SMA

Mr.
KHEB-
BACHE
Mohib
Eddine

Intelligence
Artificielle
(IA)

Système à
base de
connaiss-
sance

De L'IA à
l'IA
Distribuée

l'Intelligence
Artificielle
Distribuée
(IAD)

Systèmes
Multi-
Agents(SMA)

- Comme **a knowledge-based system**, un système expert se compose de 3 parties :
 - une base de faits ;
 - une base de règles ;
 - un moteur d'inférence.
- Un système IA, doit posséder deux autres parties (modules d'interface avec l'extérieur) :
 - **Un module d'interaction avec les utilisateurs potentiels** : lié au mécanisme d'exploitation.
 - **Un module d'aide à l'acquisition des connaissances** : une interface de dialogue entre la base de connaissances et les experts du domaine qui doivent alimenter cette dernière.

Système à base de connaissance

systeme expert (EXPERT SYSTEM)

Historique
de l'IAD et
des SMA

Mr.
KHEB-
BACHE
Mohib
Eddine

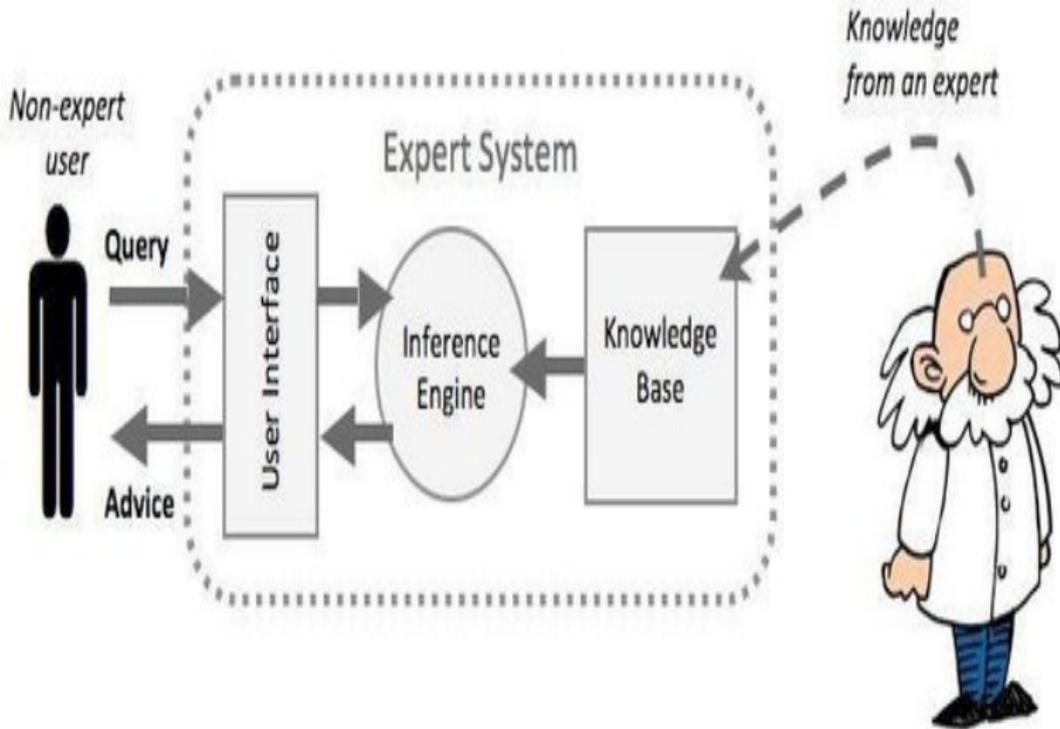
Intelligence
Artificielle
(IA)

Système à
base de
connaissance

De L'IA à
l'IA
Distribuée

l'Intelligence
Artificielle
Distribuée
(IAD)

Systèmes
Multi-
Agents(SMA)



Plan

- 1 Intelligence Artificielle (IA)
- 2 Système à base de connaissance
- 3 De L'IA à l'IA Distribuée
- 4 l'Intelligence Artificielle Distribuée (IAD)
- 5 Systèmes Multi-Agents(SMA)



De L'IA à l'IA Distribuée

limites de l'IA

Historique
de l'IAD et
des SMA

Mr.
KHEB-
BACHE
Mohib
Eddine

Intelligence
Artificielle
(IA)

Système à
base de
connaiss-
sance

De L'IA à
l'IA
Distribuée

l'Intelligence
Artificielle
Distribuée
(IAD)

Systèmes
Multi-
Agents(SMA)

- Dans certains domaines complexes et hétérogènes
 - tels que : l'aide à la décision, la reconnaissance des formes
- l'approche classique de l'IA a confrontée à des difficultés pour aborder et résoudre efficacement ces problèmes
 - qui **exigent la mise en commun** et **l'échange de plusieurs points de vues**
 - ou impliquent des **connaissances, des traitements ou un contrôle distribués.**
- malgré l'idée de résoudre ces problèmes complexes par des systèmes multi-experts.



De L'IA à l'IA Distribuée

limites de l'IA : Systèmes multi-experts

Historique
de l'IAD et
des SMA

Mr.
KHEB-
BACHE
Mohib
Eddine

Intelligence
Artificielle
(IA)

Système à
base de
connaiss-
sance

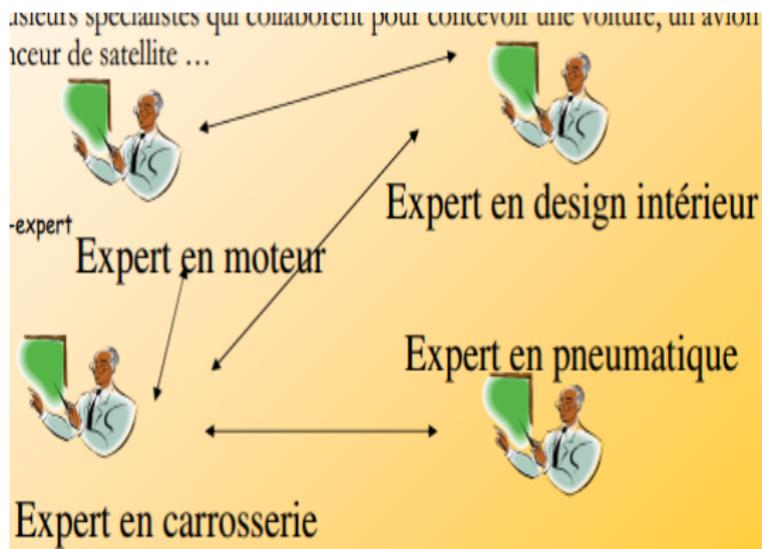
De L'IA à
l'IA
Distribuée

l'Intelligence
Artificielle
Distribuée
(IAD)

Systèmes
Multi-
Agents(SMA)

- L'existence de plusieurs bases de connaissances intégrant des connaissances diverses et distribuées sur plusieurs spécialistes (où **il n'y a pas de connaissances partagées, ni de contrôle globale**)
- ces spécialistes communiquent et collaborent pour réaliser un but commun (e.g. échange d'informations)
 - **la prise de décision est distribuée** \implies le comportement globale du système est les résultats des interactions entre les experts.

- **Exemple** : la construction multi-expert d'une voiture





De L'IA à l'IA Distribuée

limites de l'IA : Systèmes multi-experts

Historique
de l'IAD et
des SMA

Mr.
KHEB-
BACHE
Mohib
Eddine

Intelligence
Artificielle
(IA)

Système à
base de
connaissances

De L'IA à
l'IA
Distribuée

l'Intelligence
Artificielle
Distribuée
(IAD)

Systèmes
Multi-
Agents(SMA)

● besoins spécifiques :

- une nécessité d'intégrer les # connaissances dans une même base de connaissances (pbm de cohérence)
- et d'une gestion centralisée (contrôle globale) de cette base et les # communications.

● Problèmes :

- **défis liés à la centralisation de raisonnement et du contrôle**
⇒ la centralisation de grande quantité de connaissances multiples et la centralisation des contrôles asynchrones sont impraticables par les systèmes experts.
- **défis liés au manque d'interaction et absence d'insertion et d'intégration dans une communauté d'autres entités intelligentes de même nature** ⇒ l'approche classique de l'IA ignore les aspects sociaux de l'agencement dans un groupe des individus :
 - capacité à communiquer et interagir (coopérer, négocier...)



De L'IA à l'IA Distribuée

limites de l'IA : Systèmes multi-experts

Historique
de l'IAD et
des SMA

Mr.
KHEB-
BACHE
Mohib
Eddine

Intelligence
Artificielle
(IA)

Système à
base de
connaiss-
sance

De L'IA à
l'IA
Distribuée

l'Intelligence
Artificielle
Distribuée
(IAD)

Systèmes
Multi-
Agents(SMA)

- **Donc**, les systèmes experts (multi-experts) sont mal adaptés pour **résoudre individuellement** certains problèmes complexes.
- Besoin de nouvelles techniques informatiques inspirées du monde du social pour **résoudre collectivement** un problèmes complexes \implies modélisation des comportements intelligents coopératifs

de l'**intelligence individuelle** vers l'**intelligence collective (distribuée)** \implies Intelligence Artificielle Distribuée (IAD)(ou Distributed Artificial Intelligence (DAI))

Plan

- 1 Intelligence Artificielle (IA)
- 2 Système à base de connaissance
- 3 De L'IA à l'IA Distribuée
- 4 l'Intelligence Artificielle Distribuée (IAD)**
- 5 Systèmes Multi-Agents(SMA)



l'Intelligence Artificielle Distribuée (IAD)

Motivations

Historique
de l'IAD et
des SMA

Mr.
KHEB-
BACHE
Mohib
Eddine

Intelligence
Artificielle
(IA)

Système à
base de
connaiss-
sance

De L'IA à
l'IA
Distribuée

l'Intelligence
Artificielle
Distribuée
(IAD)

Systèmes
Multi-
Agents(SMA)

Comme domaine de recherche (branche de l'IA), l'IAD a pour but :

- de remédier aux insuffisances de l'approche d'IA classique
 - simplifier et rendre plus efficace la résolution de problèmes "prblem solving" (simulation ou modélisation des systèmes) où sont inappropriés :
 - un seul résolveur de problème,
 - une seule machine ou un seul lieu de traitement (deployment)

Dans l'IAD, la résolution de problèmes "problem solving" est simplifiée : **(HOW ?)**

- par des solutions qui nécessite :
 - la distribution de l'intelligence "l'expertise" (IA + distribution) sur un groupe d'entités intelligentes
 - non soumis à un contrôle centralisé
 - possèdent une certaine autonomie de comportement
 - capables de travailler et d'agir dans un environnement commun
 - nécessitant des comportements intelligents coopératifs
 - la manipulation **d'une grande quantité d'informations hétérogènes et distribuées**
 - la **conception modulaire et l'exécution distribuée et coopérative**



l'Intelligence Artificielle Distribuée (IAD)

Motivations

Historique
de l'IAD et
des SMA

Mr.
KHEB-
BACHE
Mohib
Eddine

Intelligence
Artificielle
(IA)

Système à
base de
connaiss-
sance

De L'IA à
l'IA
Distribuée

l'Intelligence
Artificielle
Distribuée
(IAD)

Systèmes
Multi-
Agents(SMA)

Comme domaine de recherche (branche de l'IA), l'IAD a pour but :

- d'enrichir l'approche d'IA classique
 - en ajoutant la dimension sociale à l'IA classique \implies métaphore sociale + métaphore biologique
 - qui fait naissance de notions nouvelles en IA, : la coopération , la coordination d'actions , la négociation , et l'émergence.



l'Intelligence Artificielle Distribuée (IAD)

I.A.D. – Pourquoi distribuer l'intelligence ?

Historique
de l'IAD et
des SMA

Mr.
KHEB-
BACHE
Mohib
Eddine

Intelligence
Artificielle
(IA)

Système à
base de
connaiss-
sance

De L'IA à
l'IA
Distribuée

l'Intelligence
Artificielle
Distribuée
(IAD)

Systèmes
Multi-
Agents(SMA)

- **Problèmes réels complexes, hétérogènes et ouverts :**
 - asynchrones
 - changements continus (dynamique)
 - autonomie locale
 - interdépendance
 - nécessite une vision locale et décentralisée
- Par exemple, la régulation de trafic aérien est un problème global complexe,

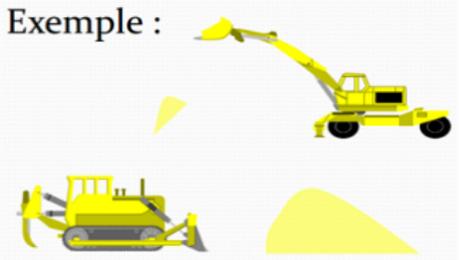
Distribution physique et fonctionnelle des problèmes réels

⇒ (distribution de données et de traitements),

- multi-expertise / points de vue multiples
 - **décomposition** des problèmes en sous-systèmes comprenant de nombreuses **fonctionnalités**,
 - et interagissant avec plusieurs experts humains (opérateurs, experts, techniciens, etc.).
 - e.g. Concevoir un produit industriel
- problèmes souvent **intrinsèquement distribués géographiquement**
 - e.g. un réseau de transport (gestion de trafic de véhicules)

- **Distribution physique et fonctionnelle des problèmes réels**
 ⇒ (distribution de données et de traitements),

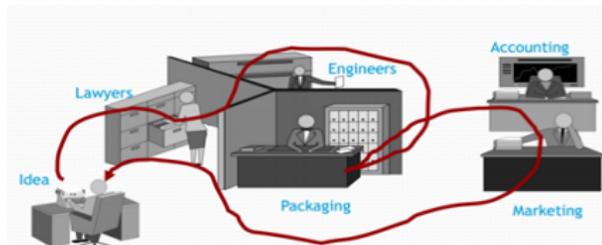
Exemple :



Distribution fonctionnelle



Distribution physique



Décomposition du problème en fonction des spécialités



l'Intelligence Artificielle Distribuée (IAD)

I.A.D. – Pourquoi distribuer l'intelligence ?

Historique
de l'IAD et
des SMA

Mr.
KHEB-
BACHE
Mohib
Eddine

Intelligence
Artificielle
(IA)

Système à
base de
connaiss-
sance

De L'IA à
l'IA
Distribuée

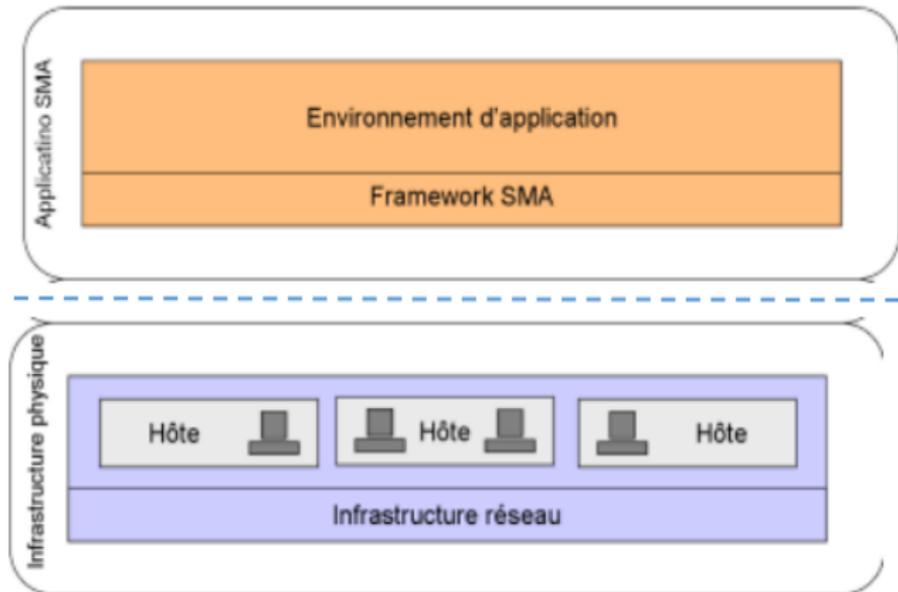
l'Intelligence
Artificielle
Distribuée
(IAD)

Systèmes
Multi-
Agents(SMA)

Evolution des technologies : réseaux informatique & informatique omniprésent « Pervasive Computing » \implies (deployment & execution environment)

- l'émergence des nouveaux « systèmes » informatiques
 - de plus en plus complexes, distribués, ouverts et hétérogènes (# Logiciels & matériels);
 - situés dans des environnements dynamiques;
 - et répartis sur plusieurs sites sans aucune contrôle global possible
- développement des multiprocesseurs, des machines parallèles et des techniques et langages objets/acteurs/concurrents

- **Evolution des technologies : réseaux informatique & informatique omniprésent « Pervasive Computing »** ⇒ (deployment & execution environment)



L'émergence, dans le domaine de génie logiciel, de nouveau paradigme de conception logicielle en termes d'unités autonomes en interactions \implies (conception),

- comment décomposer, recomposer, interopérer, gérer l'évolution, adaptation (aux autres modules logiciels, à l'environnement, aux utilisateurs...), contrôle, négociier (partage ressources, prise de RdV),...
- d'où les limitations des approches informatiques classiques :
 - statiques, homogènes, interfaces rigides, objets/composants sans initiative propre, client serveur

On parle de la technologie (l'approche) d'ingénierie logicielle orientée-agent

\implies agent-based software engineering or agent-based software paradigm,

l'approche IA traditionnelle : **approche centralisée**

- où un système intelligent travaille en isolation
- agit uniquement autour de leur contrôle et raisonnement locaux
- en basant sur le processus cognitif des individus → comportement intelligent individuel basé intelligence individuelle
- pour résoudre individuellement un problème complexe.



l'Intelligence Artificielle Distribuée (IAD)

caractéristiques

Historique
de l'IAD et
des SMA

Mr.
KHEB-
BACHE
Mohib
Eddine

Intelligence
Artificielle
(IA)

Système à
base de
connaiss-
ance

De L'IA à
l'IA
Distribuée

**l'Intelligence
Artificielle
Distribuée
(IAD)**

Systèmes
Multi-
Agents(SMA)

l'IAD : **approche distribuée**

- où le contrôle, les connaissances et le raisonnement sont distribués
- sur multiple entités intelligentes en interactions
- qui agient d'une façon collective et décentralisée
 - en basant sur le processus social → comportement intelligent coopératif basé intelligence collective (distribuée)
- pour :
 - résoudre des problèmes complexes
 - Agent Based Modeling and simulation



l'Intelligence Artificielle Distribuée (IAD)

caractéristiques

Historique
de l'IAD et
des SMA

Mr.
KHEB-
BACHE
Mohib
Eddine

Intelligence
Artificielle
(IA)

Système à
base de
connaiss-
sance

De L'IA à
l'IA
Distribuée

l'Intelligence
Artificielle
Distribuée
(IAD)

Systèmes
Multi-
Agents(SMA)

l'IAD : **approche distribuée**

- résout des problèmes complexes :
 - Résolution distribuée de problèmes
 - Résolution de problèmes distribués,
 - Techniques distribuées de résolution de problèmes
- Agent Based Modeling and simulation
 - Modéliser de systèmes sociaux ou naturels
 - Comprendre des interactions entre les humains simulations comportementales

Historique
de l'IAD et
des SMA

Mr.
KHEB-
BACHE
Mohib
Eddine

Intelligence
Artificielle
(IA)

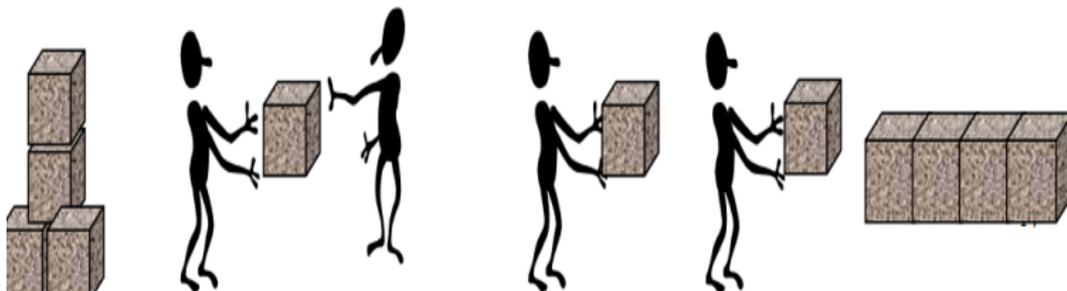
Système à
base de
connaiss-
sance

De L'IA à
l'IA
Distribuée

l'Intelligence
Artificielle
Distribuée
(IAD)

Systèmes
Multi-
Agents(SMA)

l'IAD : approche distribuée





l'Intelligence Artificielle Distribuée (IAD)

Historique

Historique
de l'IAD et
des SMA

Mr.
KHEB-
BACHE
Mohib
Eddine

Intelligence
Artificielle
(IA)

Système à
base de
connaiss-
sance

De L'IA à
l'IA
Distribuée

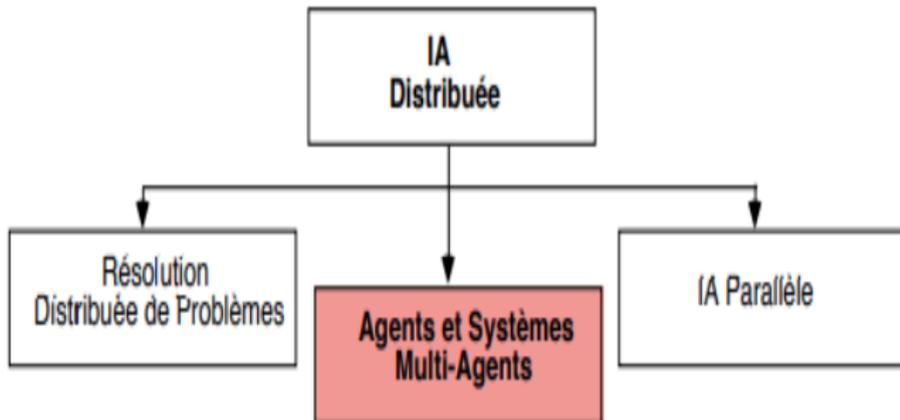
l'Intelligence
Artificielle
Distribuée
(IAD)

Systèmes
Multi-
Agents(SMA)

- En 1973, le premier système d'IAD a pu voir le jour.
- Il s'agit du système HEARSAY pour la reconnaissance de la parole basé sur l'architecture de blackboard « tableau noire ».
- En 1980, un groupe de chercheurs discutent des défis concernant la résolution "intelligente" de problèmes dans un système comportant plusieurs solveurs de problèmes.

• Trois Axes Fondamentaux

- 1 L'Intelligence Artificielle Parallèle
- 2 La Résolution Distribuée des Problèmes
- 3 Les Systèmes Multi-Agents





Historique
de l'IAD et
des SMA

Mr.
KHEB-
BACHE
Mohib
Eddine

Intelligence
Artificielle
(IA)

Système à
base de
connaiss-
sance

De L'IA à
l'IA
Distribuée

l'Intelligence
Artificielle
Distribuée
(IAD)

Systèmes
Multi-
Agents(SMA)

L'Intelligence Artificielle Parallèle (IAP)

- s'est intéressée aux problèmes pouvant se décomposer en sous-problèmes indépendants et elle est adaptée à un **traitement parallèle sur des machines multiprocesseurs** pour le gain de performance.
- Le résultat final est une simple composition des résultats partiels.
- systèmes distribués conventionnels, avec des **nœuds qui sont des processeurs** capables de résoudre des problèmes par une approche IA \implies développement de **langages et d'algorithmes parallèles** pour l'IAD.



l'Intelligence Artificielle Distribuée (IAD)

Thèmes de recherche

Historique
de l'IAD et
des SMA

Mr.
KHEB-
BACHE
Mohib
Eddine

Intelligence
Artificielle
(IA)

Système à
base de
connaiss-
ance

De L'IA à
l'IA
Distribuée

l'Intelligence
Artificielle
Distribuée
(IAD)

Systèmes
Multi-
Agents(SMA)

La Résolution Distribuée des Problèmes (RDP)

La résolution coopérative de problèmes (DPS en anglais, pour Distributed Problem Solving) s'est intéressée à comment diviser un problème particulier sur un ensemble d'entités distribuées et coopérantes et comment partager la connaissance du problème et d'en obtenir la solution.

Les Systèmes Multi-Agents (SMA)

- (ou multi-agent system "MAS or "self-organized system")
branche de l'IAD qui se réfère à **Intelligence collective**
"distribuée" et est approprié pour concevoir, modéliser,
analyser et simuler des systèmes complexes impliquant de
multiples entités en interaction selon certaines relations..
- Ces entités autonomes composant un SMA, appelées agents
(un processus, un robot, un être humain, une fourmi etc.),
peuvent être
 - distribuées et hétérogènes,
 - ayant des objectifs individuels (indépendants ou corrélés) et
un objectif collectif
 - capables de raisonner, d'organiser,
 - d'agir et de s'adapter à leur environnement ouvert et évolutif.
- Cette discipline offre une approche particulièrement adaptée
pour résoudre des problèmes complexes ayant une nature
distribuée.

Plan

- 1 Intelligence Artificielle (IA)
- 2 Système à base de connaissance
- 3 De L'IA à l'IA Distribuée
- 4 l'Intelligence Artificielle Distribuée (IAD)
- 5 Systemes Multi-Agents(SMA)**

à la connexion de plusieurs domaines en particulier : l'intelligence artificielle, les systèmes informatique distribués, et le génie logiciel,

- les SMA ont contribué dans la conception de systèmes informatiques intelligents
 - adaptatifs à des modifications du contexte de travail
 - et qui reposent sur des approches locales (vision locale) et sur l'interaction (faire communiquer plusieurs systèmes intelligents) ,
- pour
 - Modéliser de systèmes informatiques et d'information
 - distribués, hétérogènes, hybrides, ouverts et dynamique
 - à grande échelle " scalabilité" (Grande quantité d'information)
 - de nature heuristique (pas de solution algorithmique simple)
 - Modéliser de systèmes sociaux ou naturels
 - Compréhension des interactions entre les humains (simulations comportementales)

⇒ La discipline des SMA apporte les concepts, théories et outils



Systèmes Multi-Agents(SMA)

Domaines de recherche (technologiques)

Historique
de l'IAD et
des SMA

Mr.
KHEB-
BACHE
Mohib
Eddine

Intelligence
Artificielle
(IA)

Système à
base de
connaiss-
sance

De L'IA à
l'IA
Distribuée

l'Intelligence
Artificielle
Distribuée
(IAD)

Systèmes
Multi-
Agents(SMA)

- Programmation de l'“orienté objet” vers “orienté agent”
 - Agent-0 , 3APL, AgentSpeak et Jason , Claim
- Méthodologies de conception orientée agent
 - AUMLGaia, Aalaadin, Cassiopeia
- Plateformes d'agents
 - Jade, Jack, Zeus, Sympa, NetLogo (simulation),



Systemes Multi-Agents(SMA)

Domaines de recherche (théoriques)

Historique
de l'IAD et
des SMA

Mr.
KHEB-
BACHE
Mohib
Eddine

Intelligence
Artificielle
(IA)

Système à
base de
connaiss-
sance

De L'IA à
l'IA
Distribuée

l'Intelligence
Artificielle
Distribuée
(IAD)

Systemes
Multi-
Agents(SMA)

- Résolution distribuée de problèmes
- Simulation multi-agents
- Planification multi agent et/ou distribuée
- Collaboration et coordination
- Structures organisationnelles
- Décision collective et négociation
- Apprentissage multi-agents
- Etc..