

Introduction aux systèmes multi-agents :

Du paradigme à la technologie pour la conception de systèmes intelligents

Amal El Fallah Seghrouchni

Amal.Elfallah@lip6.fr

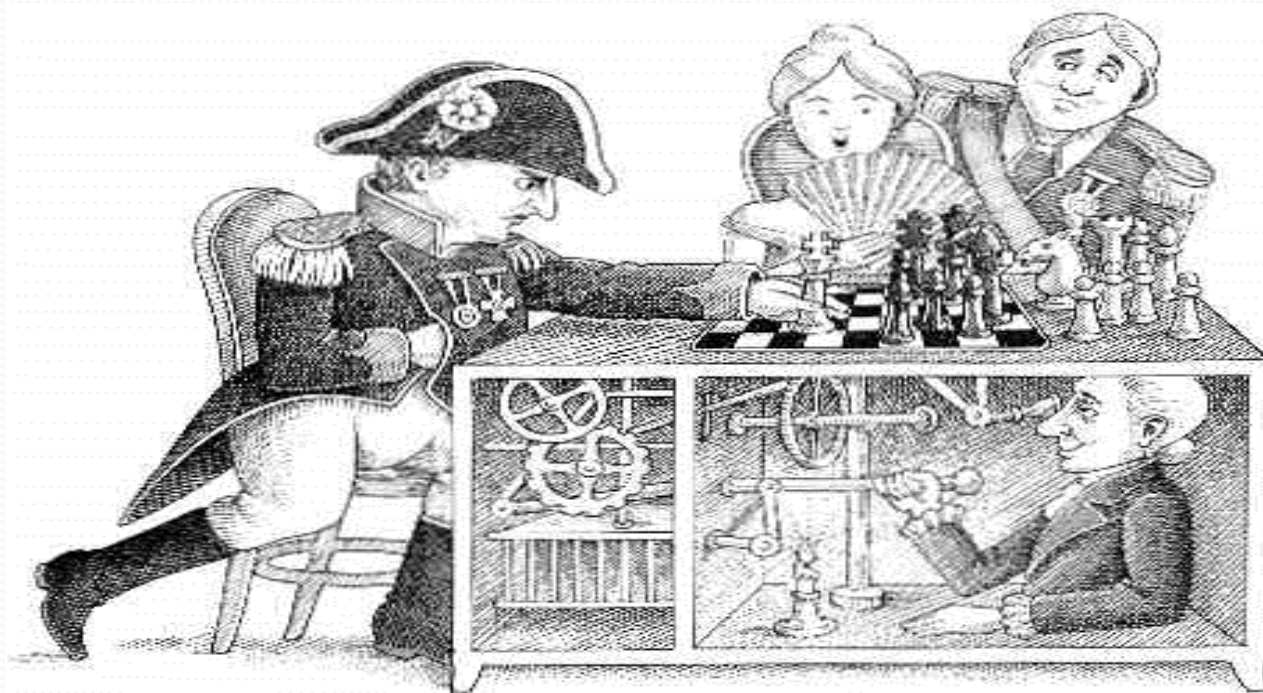




Plan de la présentation

- Introduction
- Exemple
- Agents et SMA
- Fondements du paradigme multi-agents
- Positionnement scientifique des SMA
- Interaction et protocoles d'interaction

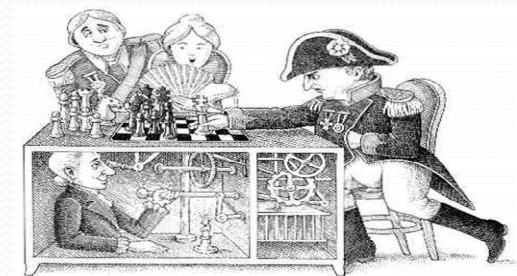
I.A. & A.I.



Intelligence artificielle = I.A.

L'I.A. est la science et l'ingénierie
de la construction de machines intelligentes

→ comportements calculables
proches de ceux des humains et intelligents

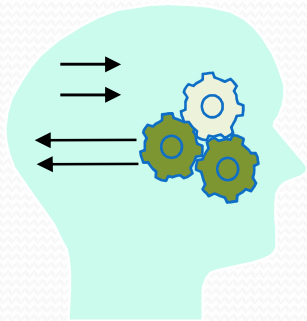


une machine est dite intelligente
si elle arrive à se faire passer pour un humain
auprès d'un autre humain (test de Turing 1950)

⇒ Concept d'agent intelligent à la base de l'I.A.

Qu'est-ce qu'un agent intelligent ?

L'agent intelligent est un penseur isolé



Agent

L'approche I.A.



Objet et Processus

approche traditionnelle

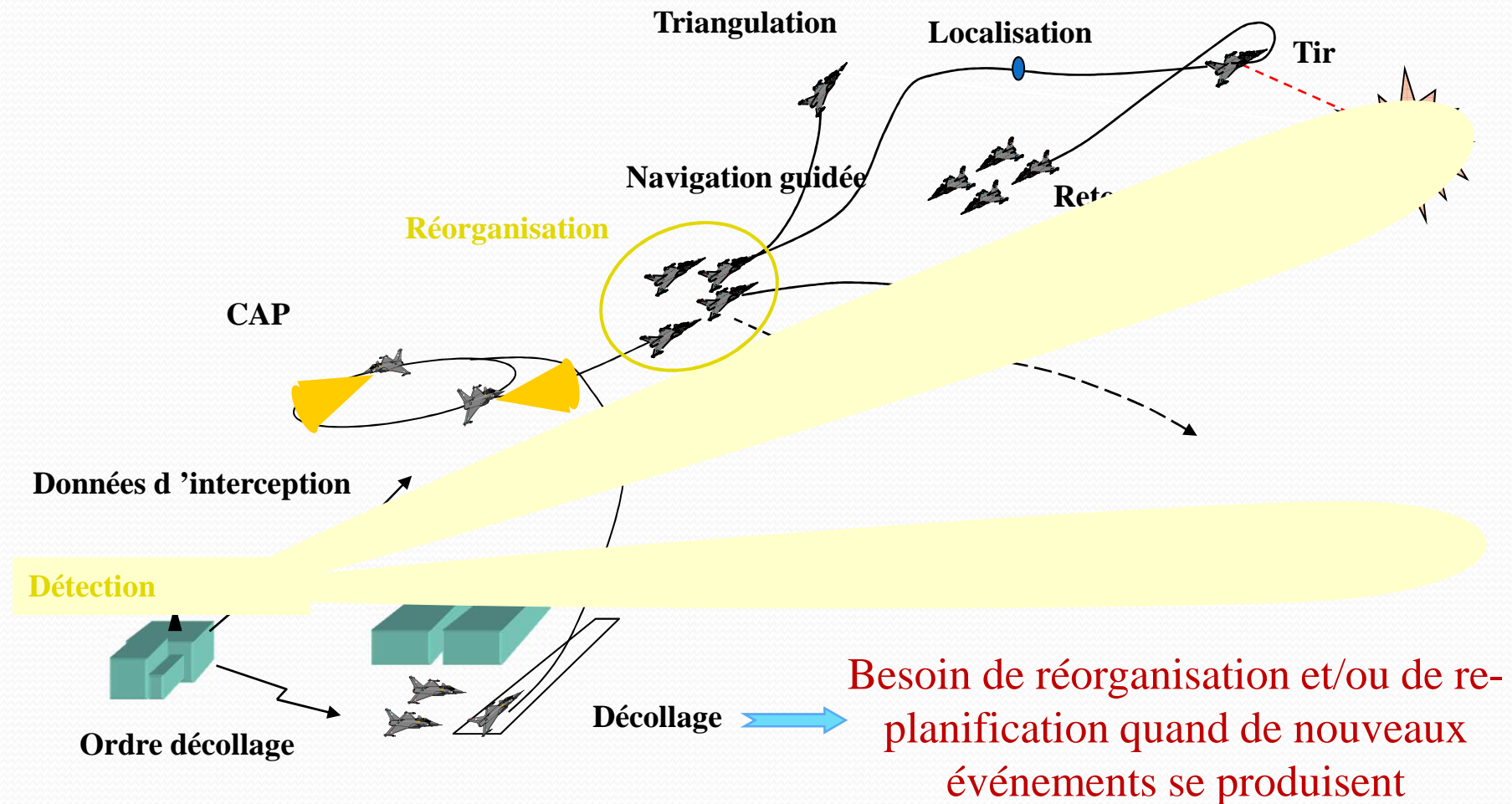
versus



Pour commencer

Un exemple de mission aérienne

Une Mission d'Interception



Ce transparent est la propriété intellectuelle de la société Dassault Aviation. Il ne peut être utilisé, modifié, reproduit ou communiqué sans son autorisation. Dassault Aviation proprietary data.

- Entités autonomes possédant une *vision partielle de leur environnement*
- Entités partageant un but global *soumis à des contraintes fonctionnelles et de ressources*
- *Entités poursuivant des objectifs individuels et collectifs*
- Comportements assurant
 - Gestion des ressources du système
Ressources continues et discrètes
 - Prise en compte de nouveaux événements *(selon priorités)*
 - Coordination *(actions, plans, décisions)*

Agents autonomes

Contrôle

Gestion distribuée de
ressources

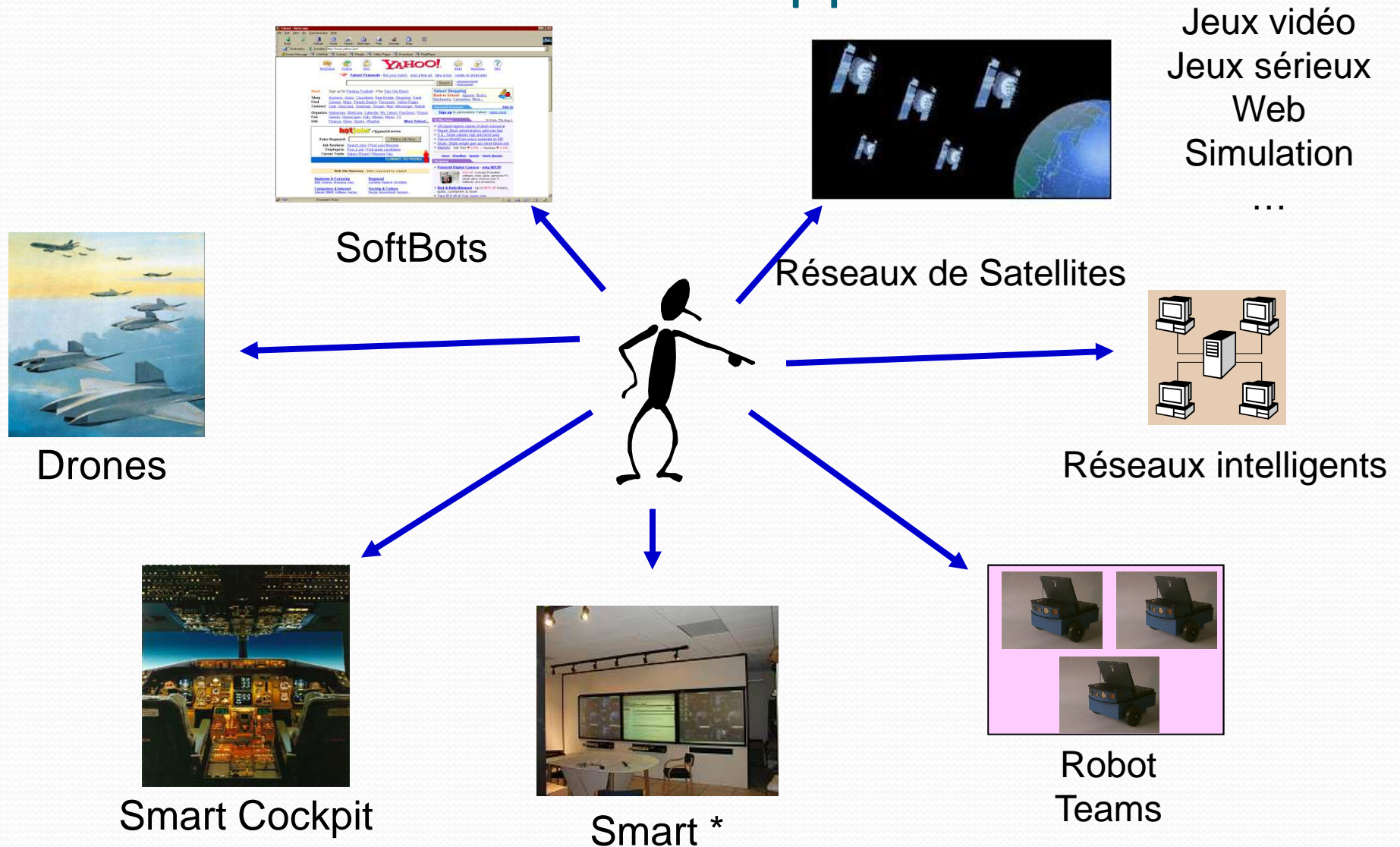
Planification réactive

Décision multi-agent

Apport des agents

- Approche méthodologique pour la conception
 - Modélisation intuitive qui prend en compte les différents acteurs dans leur aspect statique et dynamique
 - Modélisation multi niveaux (macro et microscopique, individu-groupe-foule)
 - Intégration des opérateurs humains : interaction et outil d'aide à la décision
 - Conception modulaire et incrémentale
- Outils de conception et/ou simulation
 - Agents stationnaires ou mobiles
 - Protocoles d'interaction avec l'humain : haut niveau, explication et argumentation
 - Langages de programmation
 - Plateformes de simulation, de développement ou de déploiement

De nombreux domaines d'applications



Une définition de l'agent

- [Ferber 95] :
 - Un agent est une **entité réelle ou virtuelle**, évoluant dans un **environnement**, capable de le **percevoir** et **d'agir** dessus, qui peut **communiquer** avec d'autres agents, qui exhibe un comportement **autonome**, lequel peut être vu comme la conséquence de ses connaissances, de ses interactions avec d'autres agents et des **buts** qu'il poursuit.
- Un système multi-agents (SMA) et une **organisation** d'agents (société)



Propriétés de l'agent

- Réactivité
 - Percevoir l'environnement et répondre, *en temps réel*, aux changements
- Proactivité
 - Capacité de prendre l'initiative / comportement orienté but
- Sociabilité
 - Capacité d'interagir avec d'autres agents ou utilisateurs
- **Autonomie**

Autonomie : notion relative mais centrale

- Pourquoi l'autonomie ?
 - Une réponse au besoin de la robustesse
 - Vision partielle du monde
 - Partage de l'environnement avec d'autres
 - Coopération ou compétition
- Besoins ?
 - Capacité d'agir sans l'intervention humaine directe
 - Auto-Contrôle de son état et actions



Quelques conséquences de l'autonomie

- Un agent peut décider de ne pas traiter un message
 - En raison de sa charge de travail
 - Parce que des buts plus importants doivent être satisfaits
- Les engagements ne sont que des promesses
 - Les agents doivent anticiper le non respect des engagements

Un agent autonome

Prendre ses décisions « soi-même »

Avoir le pouvoir de dire non !

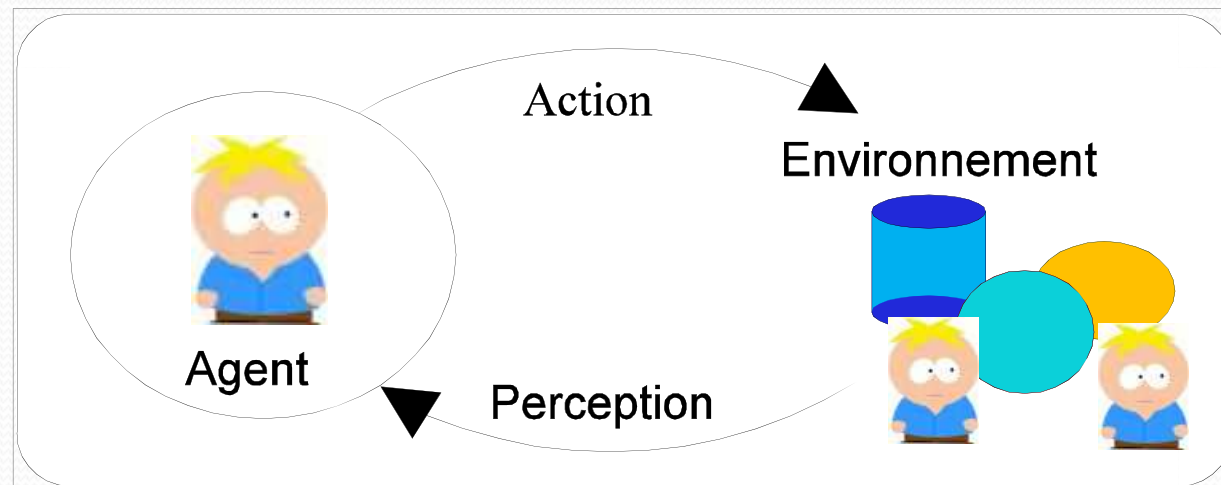
Ne pas dépendre des autres (au moins pour ses décisions)

→ Un concept très « humain »

Mais comment programmer l'autonomie ?

Cycle de base d'un agent

- Perçoit l'environnement
- Peut agir sur l'environnement



Agents réactifs

- Pas de représentation explicite
 - architectures simples
 - stimulus -> réponse
- Organisation implicite/induite
 - auto-organisation, ex : colonie de fourmis
- Communication via l'environnement
 - ex : perception/actions sur l'environnement, phéromones de fourmis
- Grand ou très grand nombre d'agents
 - redondance
 - robustesse
- Emergence
- Validation expérimentale

Cycle de contrôle d'un agent réactif

Exemple implementé sous forme d'un ensemble de règles de type condition/action

condition-action rules

set of percepts

do {

percepts := see();

***state* := interpret_input(*percepts*);**

rule := match(*state*, *rules*);

execute(*rule*[*action*]);

} while (1);

Ex. Proies-Prédateurs

- Le modèle proie-prédateur permet d'étudier les interactions entre populations entre groupes d'agents
- Chaque agent possède un niveau d'énergie
 - Energie nulle => mort de l'agent
- A-Chasser : Un prédateur se déplace à la recherche d'une proie.
 - coût de mouvement : l'énergie est décrémentée
- A-Se nourrir : Si un prédateur rencontre une proie, il la consomme.
 - bonus : l'énergie est augmentée en fonction de la proie
- A-Se reproduire : Un agent peut se reproduire si le niveau d'énergie est suffisant (*seuil de reproduction*).
 - L'énergie de l'agent est divisée par 2 entre lui et son/ses clones
- De la nourriture (source d'énergie) non agent peut être consommée et se régénérer



Agents cognitifs

- Représentation explicite
 - Soi
 - Connaissances (knowledge) ou croyances (beliefs)
 - Buts (intentions)
 - Tâches, plans
 - Engagements, intentions
 - Compétences
 - Environnement
 - Autres agents
- Architectures complexes, souvent modèle logique (ex : BDI, Agent0)
- Organisation explicite
 - allocation et dépendances tâches
 - partage des ressources
 - protocoles de coordination/négociation
- Communication explicite, point à point, élaborée (ex : KQML)
- Petit/moyen nombre d'agents
- Certaines validations formelles possibles

Cycle d'un agent délibératif (minimal)

- **Exemple**

s : state,

eq : event queue

s := initialize();

do {

options := option_generator(eq,s);

selected := deliberate(options, s);

s := update_state(selected,s);

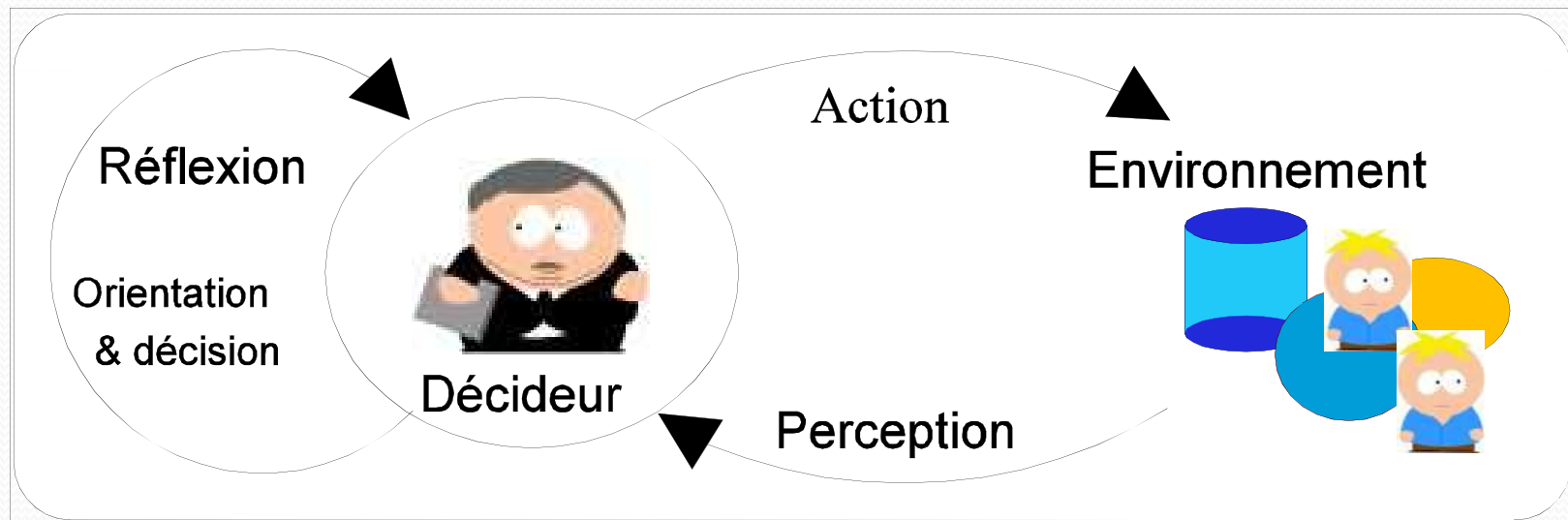
execute(s);

eq := see();

} while(1);

Agent rationnel délibératif

- Perception
- Analyse
- Décision
- Action



Agent intentionnel BDI

Rationalité pratique

Plusieurs architectures, langages de programmation et plateformes commercialisées

Humain



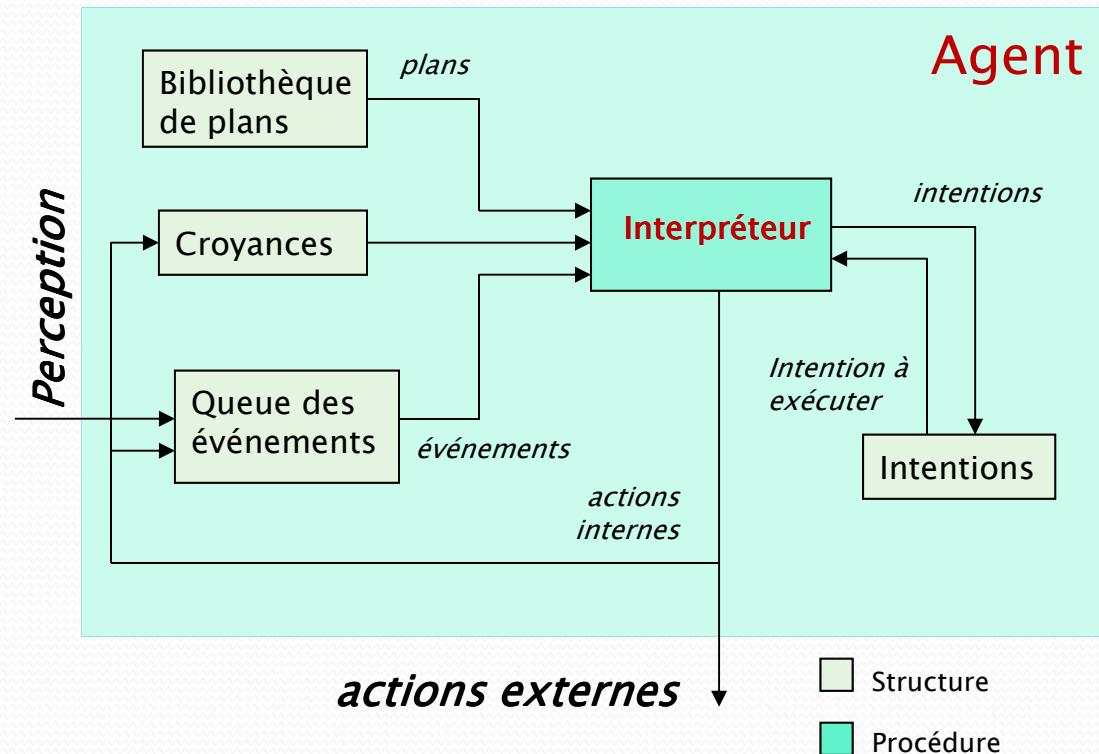
(Belief, Desire, Intentions) Agent

Croyances – Perception et connaissances du monde



Buts
(ou désirs)

Expérience et
comportements
accumulés

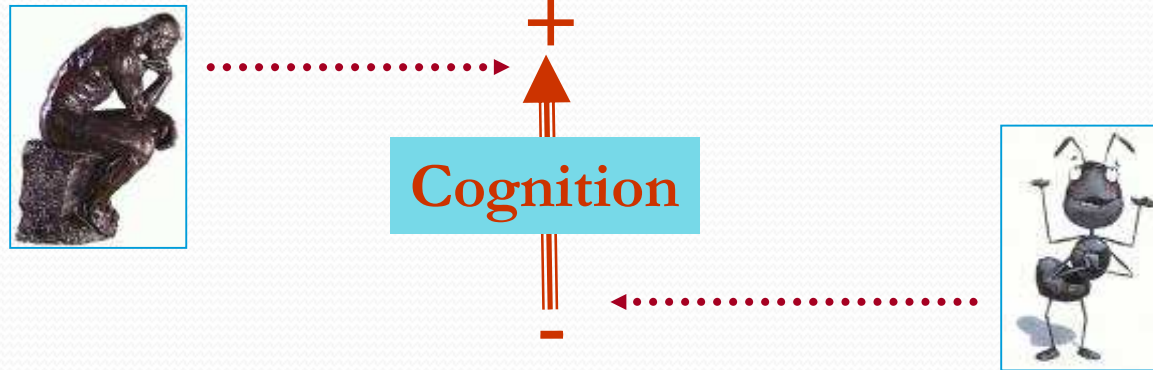


Cycle de contrôle d'un agent BDI

- b : beliefs, g : desires, i : intentions, eq : event queue

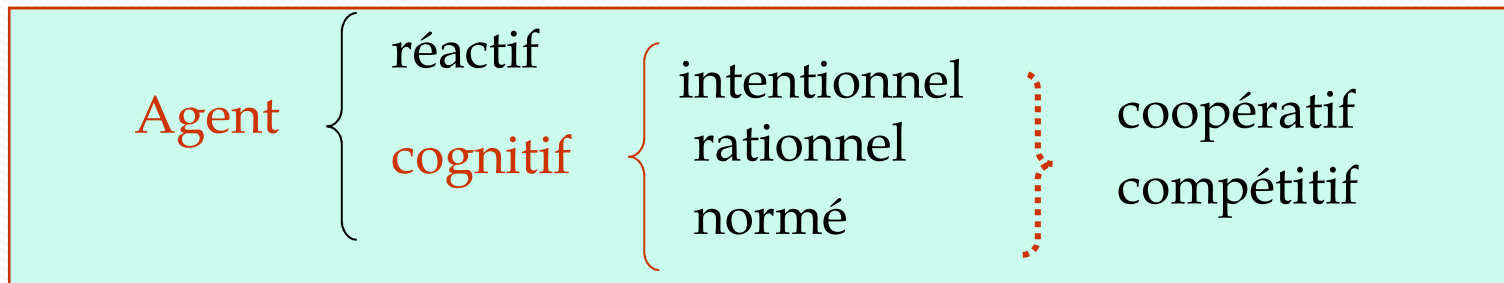
```
( $b, g, i$ ) := initialize();  
repeat  
     $options$  := option_generator( $eq, b, g, i$ );  
     $selected$  := deliberate( $options, b, g, i$ );  
     $i$  :=  $selected \cup i$ ;  
    execute( $i$ );  
     $eq$  := see();  
     $b$  := update_beliefs( $b, eq$ );  
    ( $g, i$ ) := drop_successful_attitudes( $b, g, i$ );  
    ( $g, i$ ) := drop_impossible_attitudes( $b, g, i$ );  
forever
```


Un continuum ...



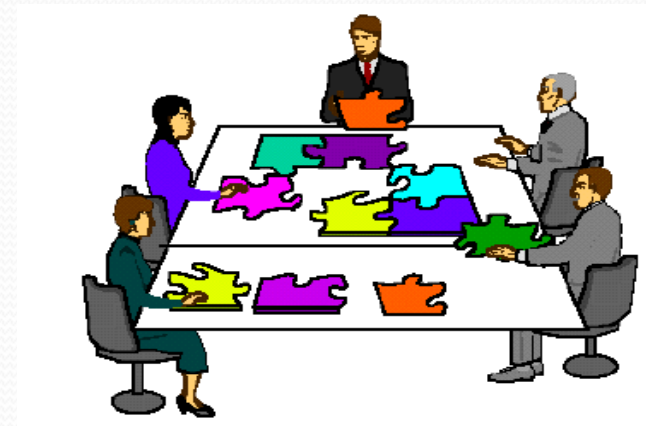
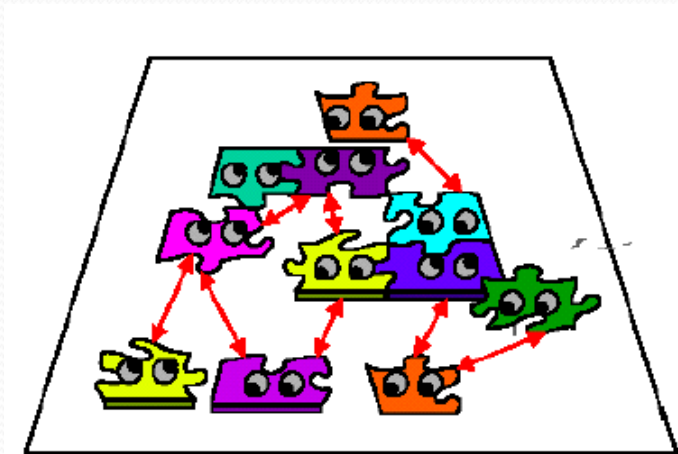
- Représentation du monde
 - Symbolique
- Comportement
 - Orienté but
- Fondements
 - I.A.
 - Denett, Bratman..

- Représentation du monde
 - Sub-symbolique (perceptions)
- Comportement
 - Réflexe
- Fondements
 - Inspiration éthologique, biologique ,..
 - Brooks



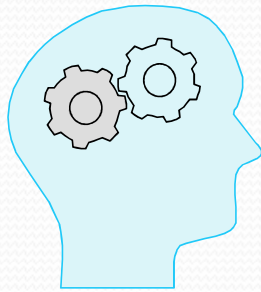
Architectures multi-agents

- Agents réactifs
 - agents : parties du problème lui-même
 - décomposition structurelle
 - approche ascendante
 - comportement collectif **émergent**
- Agents cognitifs (*dits aussi délibératifs*)
 - agents : experts, solveurs
 - multi-expert
 - décomposition fonctionnelle
 - approche descendante
 - **coordination** explicite
- Architectures hybrides



SMA cognitifs

Agent cognitif



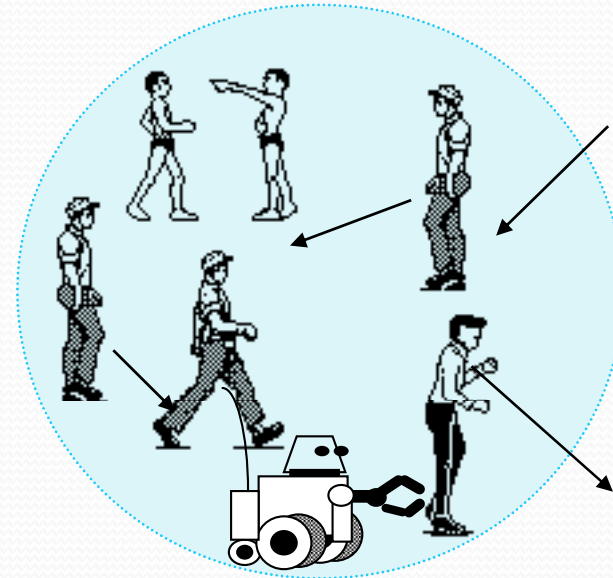
De l'individuel au collectif



I.A. vers I.A.D.

Définition : Entité autonome, physique ou virtuelle, capable d'agir, située dans un environnement avec une certaine persistance temporelle, pour satisfaire ses buts ou objectifs en fonction de ses ressources et compétences.

SMA cognitif



Ensemble d'agents cognitifs
Autonomes en interaction

SMA Cognitifs : accent mis sur l'action, la décision et l'interaction dans un contexte collectif (*inspiration socio-mimétique*)
Capacités d'apprentissage et d'adaptation à l'environnement

Systemes multi agents

- Un SMA : collection organisée d'agents

A: agents, E: Environnement, I: interaction et O: organisation

- Propriétés :
 - Chaque agent a des informations et des capacités limitées pour résoudre un problème;
 - Pas de système central de contrôle
 - Données décentralisées
 - Calcul asynchrone
- Besoin d'interaction



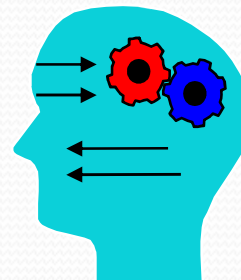
Positionnement scientifique des SMA

Origine - I.A.

- Concept d'agent à la base de l'Intelligence Artificielle
- [Wiener 48] : Approche cybernétique
 - Le contrôle de la machine ou le contrôle par la machine ?
- [Turing 56] : « Can a machine think ? »
 - Connaissance de la machine ou connaissance par la machine ?

→ Deux points de vue sur la machine :
L'approche traditionnelle et l'approche I.A.

Objet et
Processus

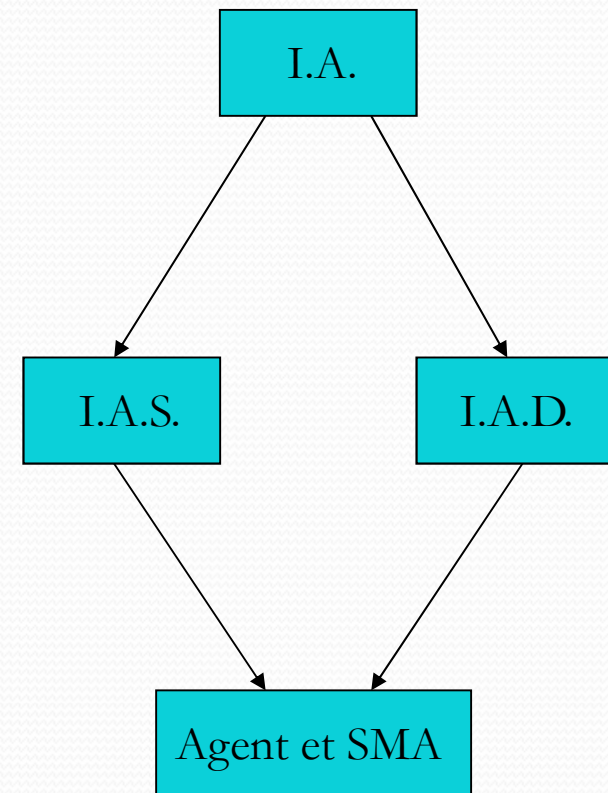


Agent (?)

L'I.A.D.

- Paradigme I.A. = « le penseur isolé »
 - Exemple type : un système expert
- Deux limitations de l'I.A. classique :
 - L'ancrage des symboles
 - I.A.S. : Intelligence Artificielle Située
 - Relation agent / environnement
 - Adaptation, apprentissage
 - La distribution des problèmes
 - I.A.D. : Intelligence Artificielle Distribuée
 - « La société de l'esprit » [Minsky 88]
 - Coopération entre agents, SMA

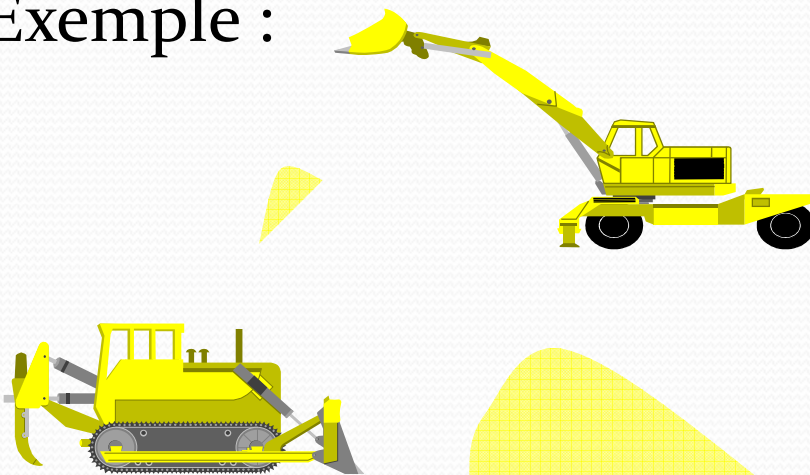
Limites de l'I.A.



I.A.D. – Pourquoi distribuer ?

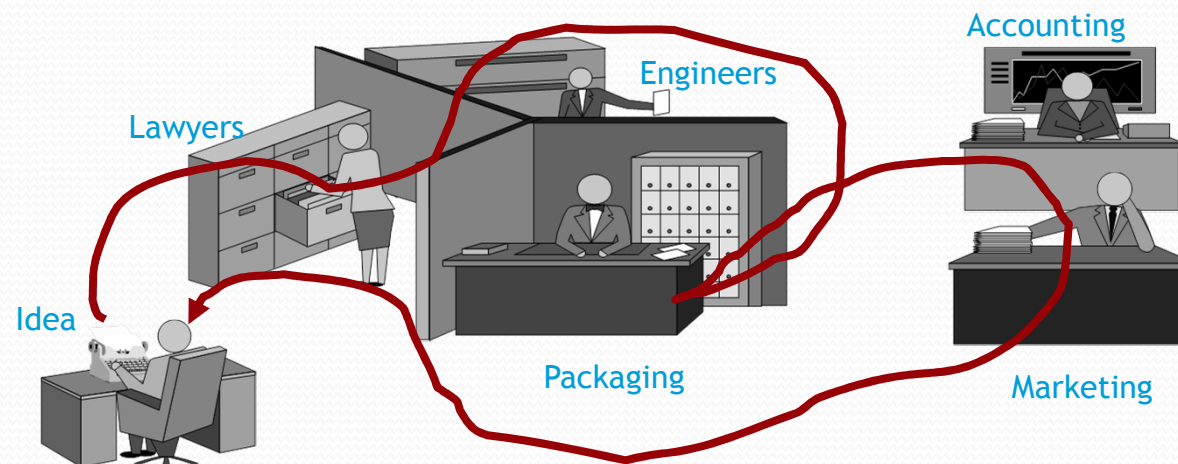
- La plupart des applications ou problèmes réels font intervenir des systèmes physiquement et fonctionnellement distribués.

- Exemple :



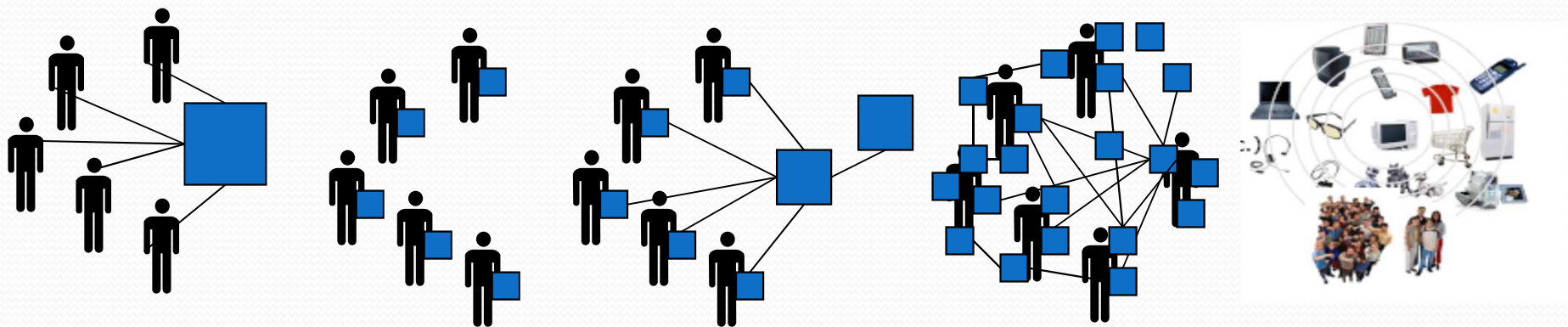
I.A.D. – Pourquoi distribuer ?

- Distribution fonctionnelle dans les activités humaines (comme la conception d'un produit, par exemple) :
 - Décomposition du problème en fonction des spécialités



I.A.D. – Pourquoi distribuer ?

- Évolution de l'informatique vers le « Pervasive Computing » (informatique diffuse)



1950: Mainframe 1980: Micro-ordinateur 1990: Internet 200?: Informatique diffuse et objets connectés

- Nouveaux « systèmes » informatiques (amorphous computing)
 - Construits de façon ascendante,
 - Logiciels et matériels hétérogènes,
 - Aucune contrôle global possible,
 - Configurations et fonctionnalités évolutives,
 - Situés dans des environnements dynamiques

Exemple : Intelligence ambiante

- Objets usuels dotés de capteurs, microprocesseurs, logiciels embarqués
 - Mobiles ou pas
 - Communicants (Wifi, BlueTooth)
 - (Semi-) autonomes (par nécessité)
 - Sensibles au contexte
 - Interfaces utilisateur avancées (multi-modales : voix, gestes, etc.)



Positionnement des SMA

- Le domaine SMA vient de l'IA
 - Domaine relativement général
 - Fédère plusieurs domaines techniques de l'IA (planification, coordination, négociation, décision, apprentissage)
- Recoupe l'informatique distribuée
- Rejoint le génie logiciel
- Le domaine SMA porte son attention plus particulièrement sur les systèmes :
 - Hétérogènes
 - Ouverts
 - Mixtes (machines et humains)

Espace SMA cognitifs

Cognition

Modèles Cognitifs Multi-Agents

- Raisonnement et représentations symboliques
- Apprentissage Multi-Agents
- Décision collective, négociation, formation de coalitions, etc..
- Planification distribuée

SMA

Concurrence

Formalismes et techniques

- Variantes des Réseaux de Petri
- Algèbres de processus
- Automates hybrides
- Algorithmique répartie
- Observation répartie

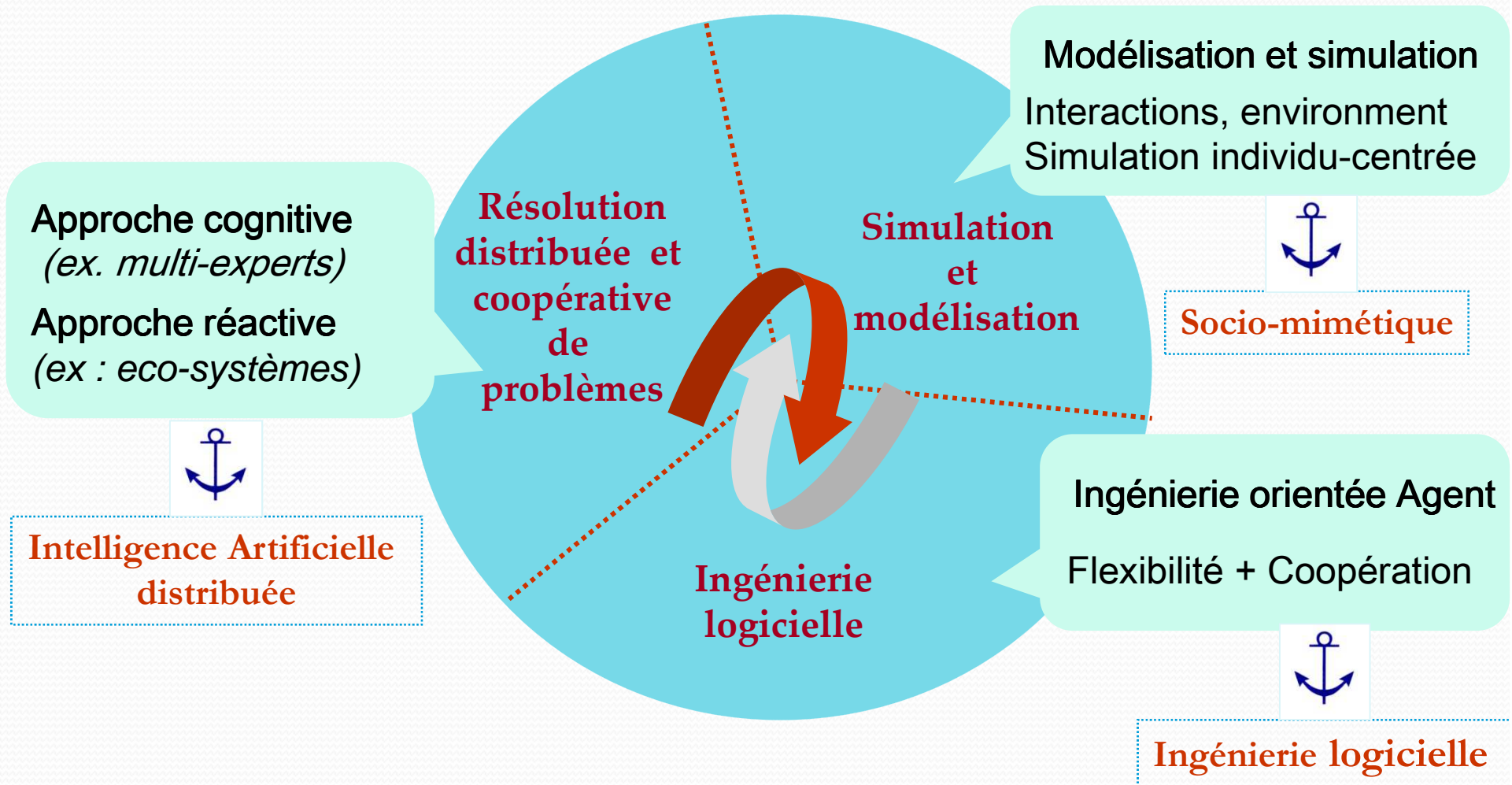
Interaction

Protocoles d'interaction

- Sémantique des interactions
- Modélisation cognitive des interactions
- Ingénierie des protocoles d'interaction

SMA : 3 classes de problèmes scientifiques

[Action Spécifique du CNRS : SMA, 2004-2005]



Domaines de recherche (technologiques)

- Programmation orientée agent
 - Agent-o
 - 3APL
 - AgentSpeak et Jason
 - Claim
- Méthodologies de conception orientée agent
 - AUML
 - Gaia
 - Aalaadin
 - Cassiopeia
- Plateformes d'agents
 - Jade
 - Jack
 - Zeus
 - Sympa

Domaines de recherche (théoriques)

- 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..



Merci pour votre attention