

- Multi-agents et Smart Grid

Introduction à l'IA



**Bonjour !**

**Je suis Guillaume Guérard**

Enseignant-Chercheur à l'ESILV

A participé aux projets EPIT2.0, V2G, GARE

**Recherche** : *modélisation de Smart Grids*

***smart--grid.net***

*Cours inspiré de MOSIMA UPMC par JD Kant*



1

# Introduction aux SMA

Pourquoi ? Quand ? Comment ?

# ● Introduction à l'IA

Le but premier d'une IA est de reproduire le plus exactement possible les processus logiques et cognitives de l'humain.

L'IA donne aux machines les mêmes capacités pour résoudre des tâches difficiles.

## **Plusieurs niveau de modélisation**

Biologie

Psychologie

Sociologie

Anthropologie

Etc.

→ Simulation sociale

## **Evaluation et performance supérieures**

Recherche opérationnelle

Calcul parallèle

Etude systémique

Evaluation des performances

→ IA moderne (résoudre une ou plusieurs tâche

# ● Introduction à l'IA

L'IA se porte à la fois sur l'Intelligence individuelle et l'Intelligence collective. Les agents ont des interactions sociales comme l'Homme (comportement personnel, comportement social, comportement de groupe).

## **Intelligence individuelle**

### **Perceptions / capacités cognitives :**

Représentation, raisonnement, décision, communication.

### **Actions / capacités motrices :**

Mouvement, Interaction, Modification de l'environnement.

### **Apprentissage / capacités d'adaptation :**

Intuition, compréhension, appréhension, connaissance.

## **Intelligence collective**

### **Organisation sociale :**

Société d'insectes, bancs de poissons, vols d'oiseaux

### **Intelligence sociale :**

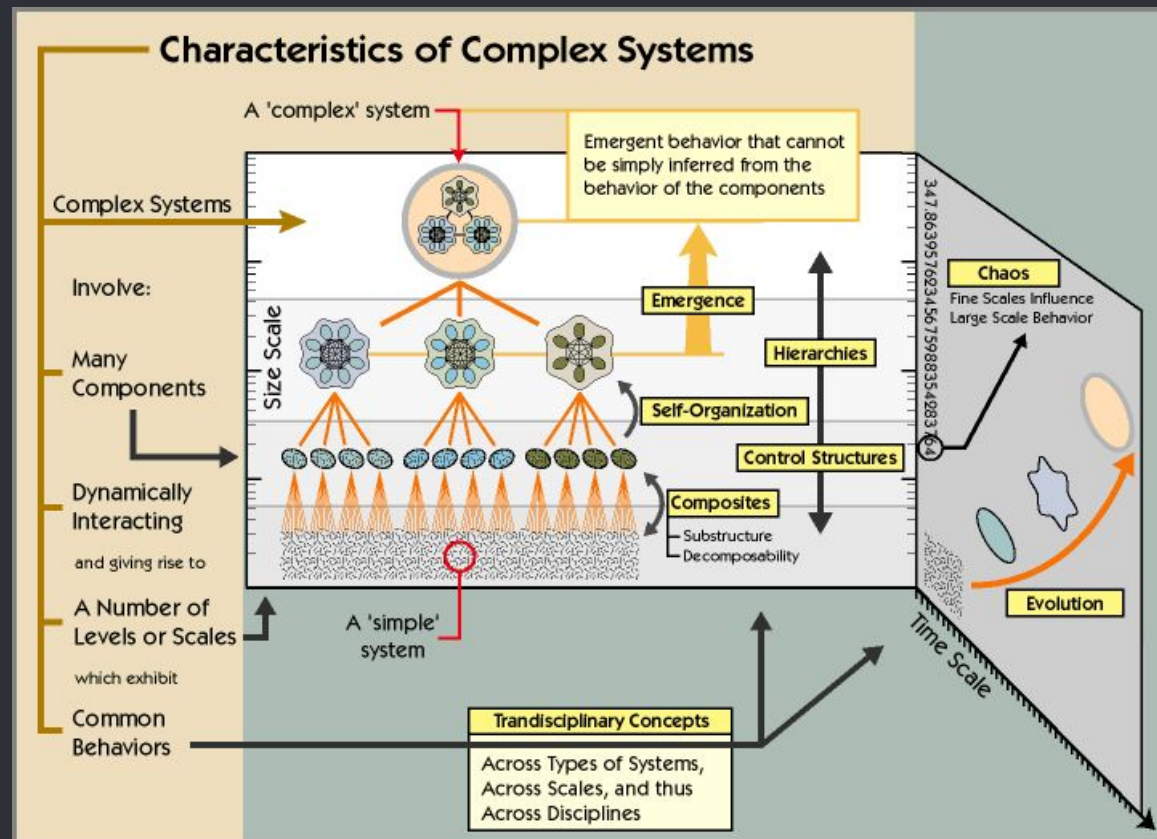
Communication, organisation, réseaux.

### **Interactions sociale :**

Attitude, rumeurs, mimétisme, jeu de pouvoir.

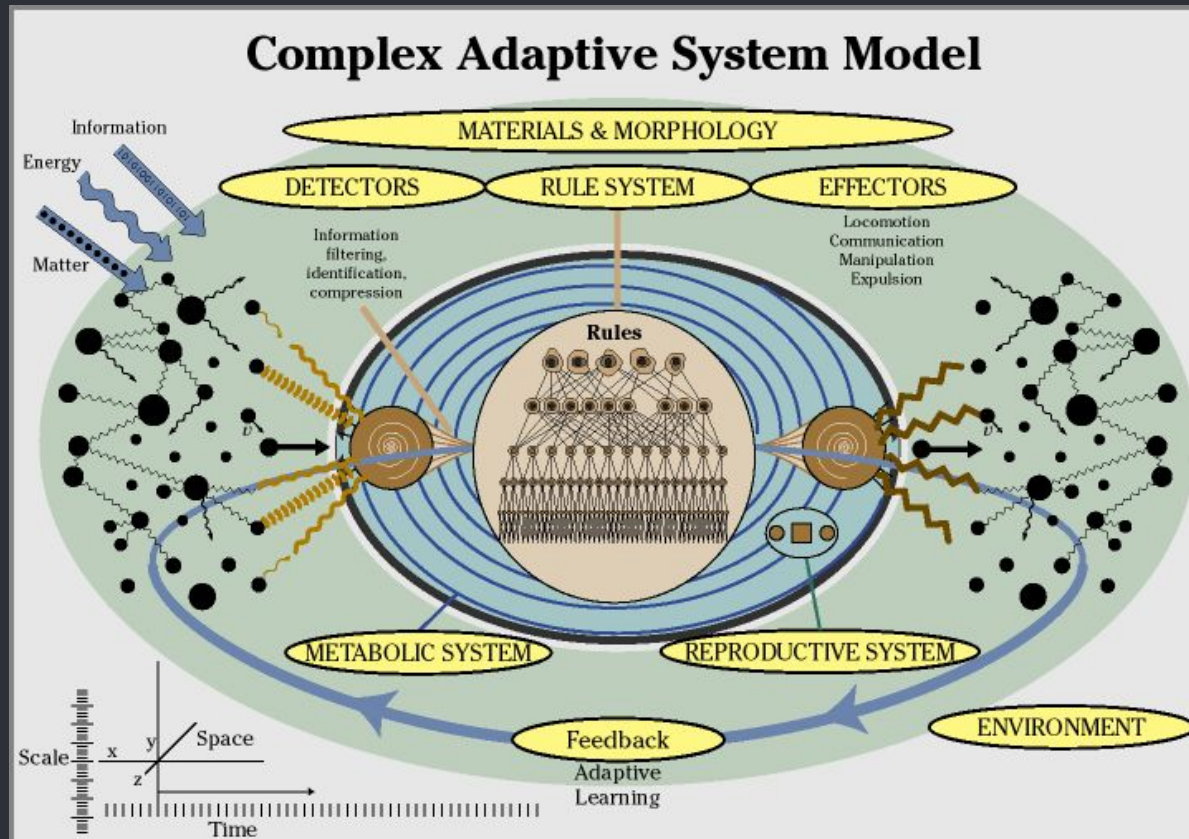
# L'IA distribuée

L'utilisation de l'IA distribuée (avec plusieurs "individus") trouve toute son utilité pour la résolution de problème complexe.



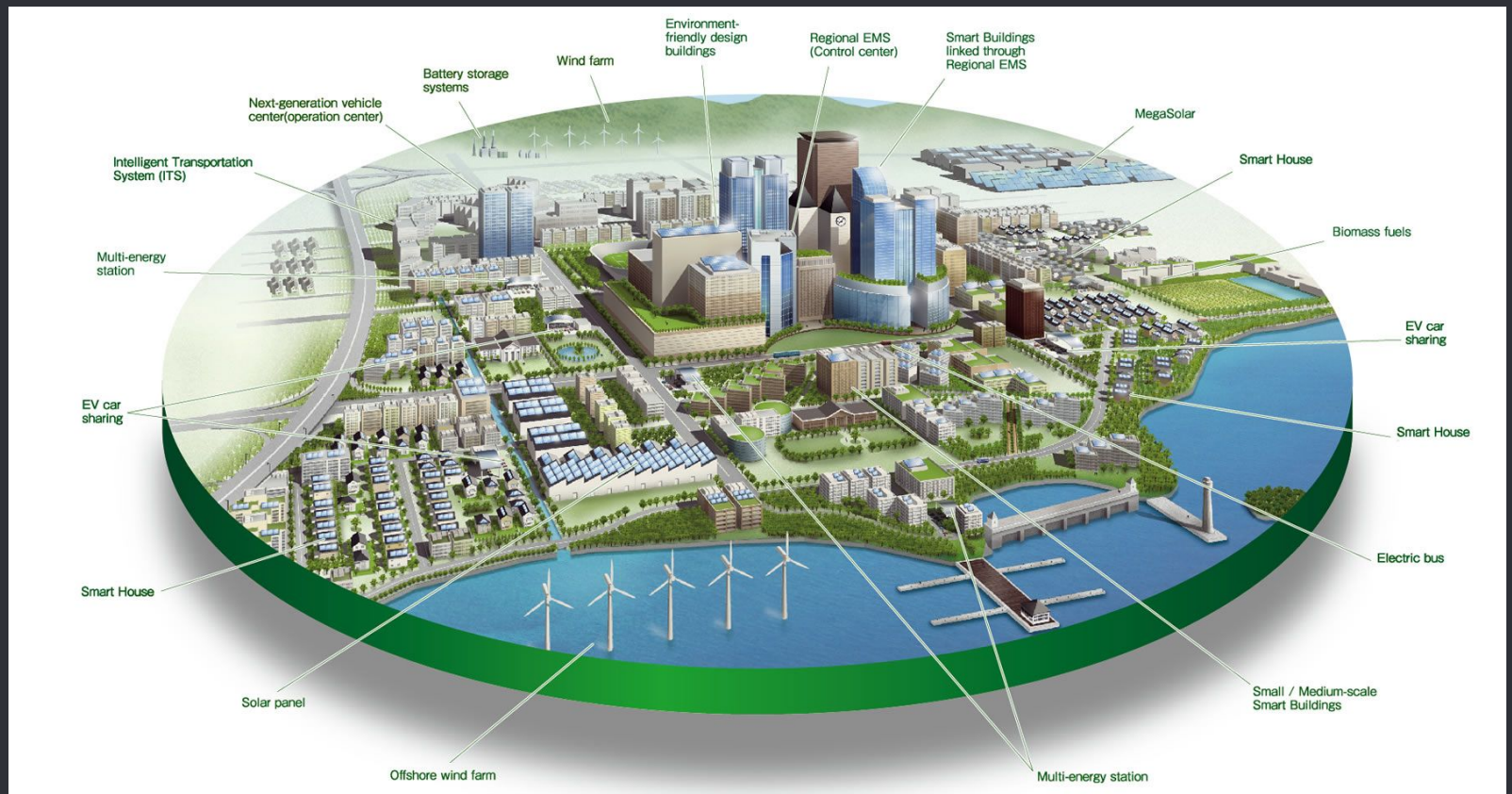
# ● L'IA distribuée

L'utilisation de l'IA distribuée (avec plusieurs "individus") trouve toute son utilité pour la résolution de problème complexe.



# ● A vous de jouer !

Trouver des caractéristiques sur les composants, l'organisation et l'évolution dans une Smart City





# ● Introduction à l'IA

Un modèle a pour but de rendre intelligible un phénomène perçu comme complexe, de rendre possible la simulation et les prédictions.

Popper (1973) : un modèle est une abstraction qui simplifie le système réel étudié, qui doit avoir un caractère de ressemblance avec le réel.

## **Modèle normatif**

**Monde artificiel qui sert de norme.**

**Une prescription de ce qu'il faudrait idéalement faire.**

## **Modèle Descriptif**

**Ne cherche pas à rationaliser.**

**Décrit la réalité telle qu'elle est perçu par observation.**

**S'appuie sur des faits, des données.**

## **Modèle explicatif**

**Complète le descriptif en fournissant les explications sur les phénomènes modélisés.**

**Pour un toy example/ aide à la décision.**

## **Modèle mathématique**

**Approche déterministes, stochastiques ou formels d'un problème.**

**L'approche analytiques se complète d'une simulation numérique**

# ● Introduction à l'IA

Un modèle a pour but de rendre intelligible un phénomène perçu comme complexe, de rendre possible la simulation et les prédictions.

D'après Axtell (2006)

<b>Approche analytique</b>	<b>Approche agents</b>
Information globale, contrôle centralisé	Information locale, réseaux, contrôle distribué
Programmation mathématique, fonctions de variables numériques	Représentations informatiques variées, programmation riche (e.g. orientée objets)
Décision (néoclassique) : optimisation d'une utilité sous contraintes	Décision : économie comportementale (psychologie) comportements variés (e.g. rationalité limitée,...)
Economie : marchés (Arrow-Debreu) = vecteur de prix unique	Marchés décentralisés = prix hétérogènes

# Le SMA

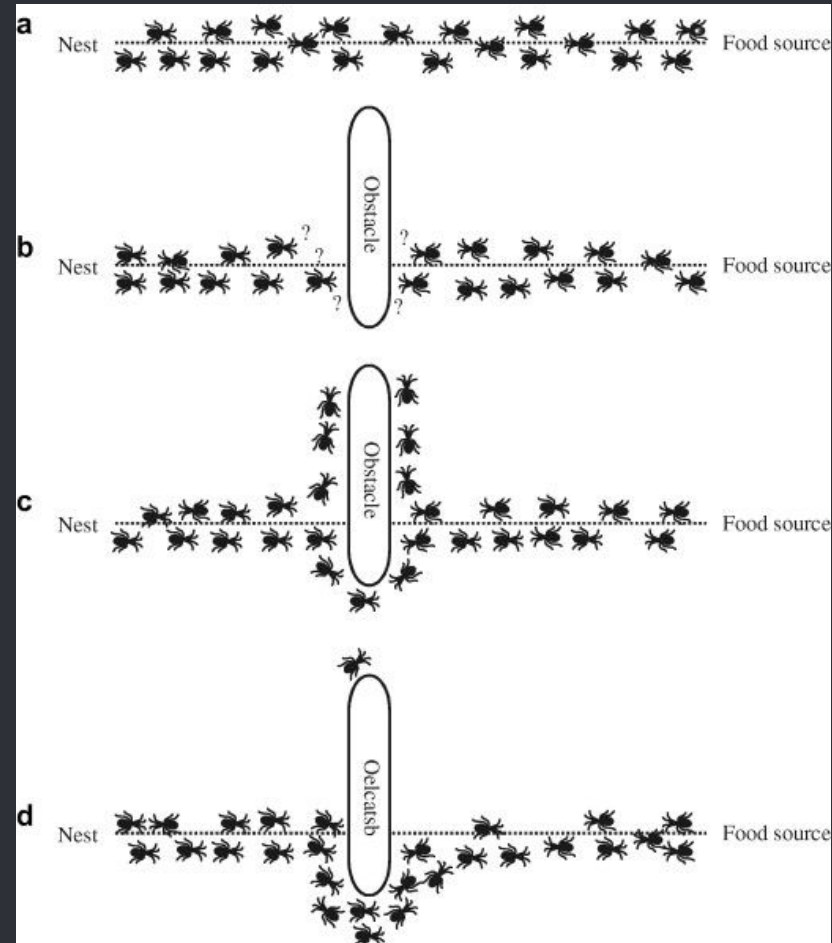
Et les systèmes multi-agents dans tout ça ?

Il s'agit d'une réalisation informatique d'une intelligence artificielle collective.

- Système composé d'agents en interaction
- Un agent est situé physiquement dans un environnement
- Les agents communiquent entre eux et interagissent
- Les agents sont autonomes
- Le système est organisé et s'auto-organise

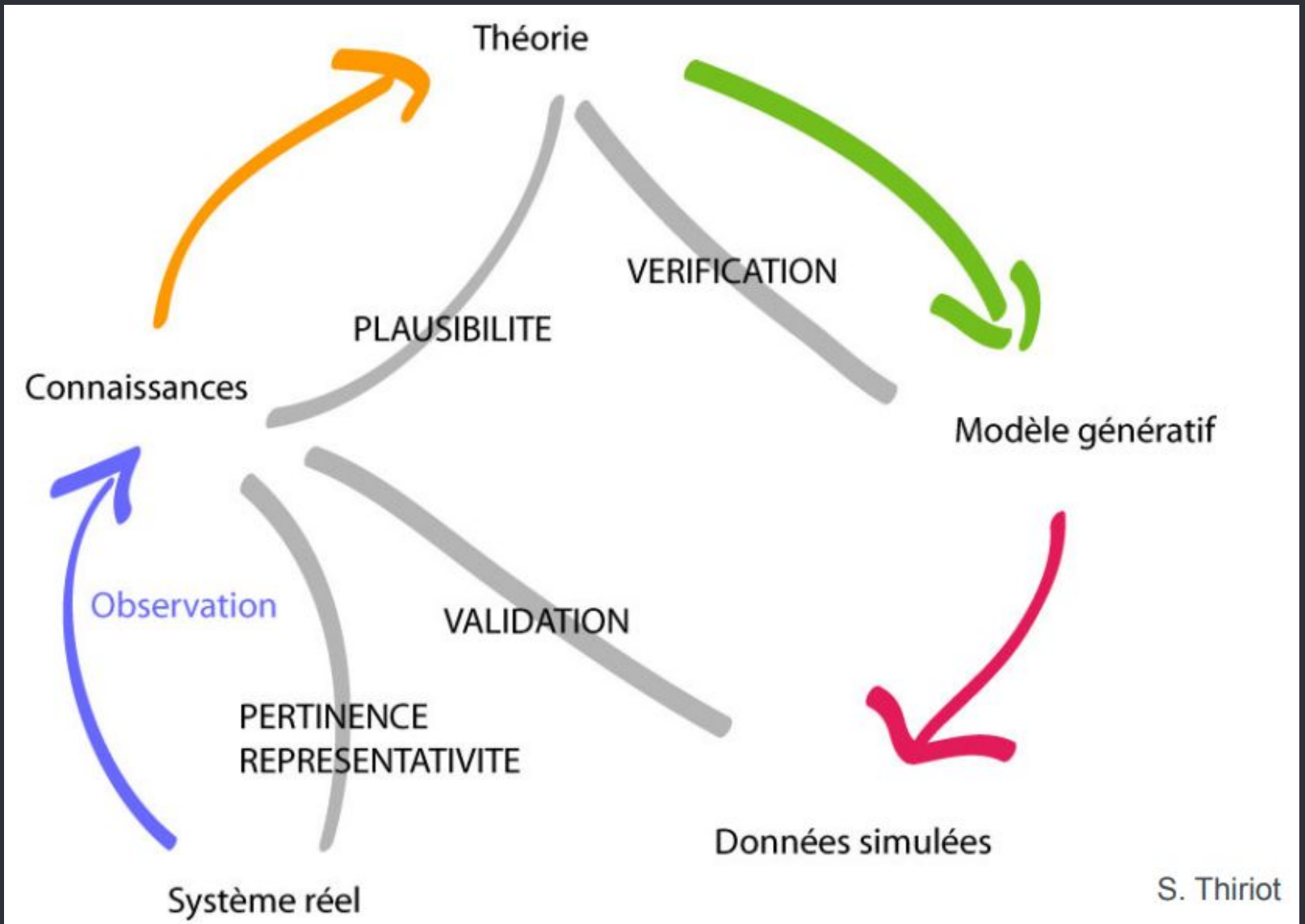
Avantages et inconvénients :

- Approche bottom-up
- Modèle non trivial / approche NP-complet
- Interactions et diversités des agents
- Modèle dynamique dans le temps et l'espace
- Robustesse des résultats
- Analyse des résultats
- Evaluation de la simulation
- Échantillonnage, estimation et calibration..



Pour avoir un modèle, il faut des données pour créer les éléments de la SMA !!!

# Le SMA





2

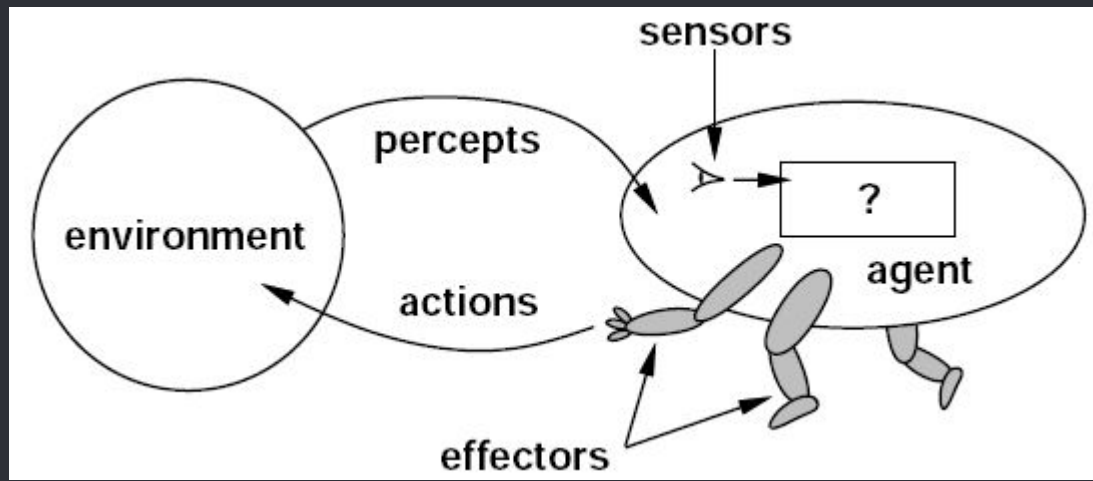
## Les agents

Comment définir un agent ?

# Le SMA

Que fait un agent ?

- Il agit sur son environnement de façon proactive/autonome
- Il communique avec d'autres agents
- Il agit par des tendances (objectifs individuels, fonction de satisfaction)
- Il possède des ressources/compétences/services propres
- Il possède des caractéristiques cognitives appliquées à son environnement
- Il peut s'adapter, apprendre, se reproduire

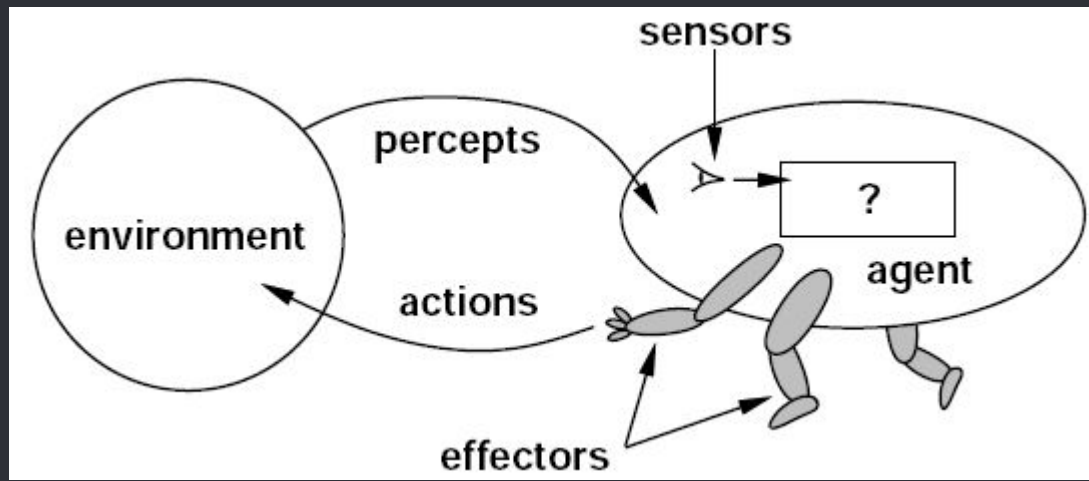


*Russel & Norvig*

# Le SMA

Comment caractériser un agent ? Du plus réactif au plus cognitif

- Agent réflexe simple
- Agent réflexe avec états
- Agent avec buts
- Agent avec utilités
- Agent apprenants



*Russel & Norvig*

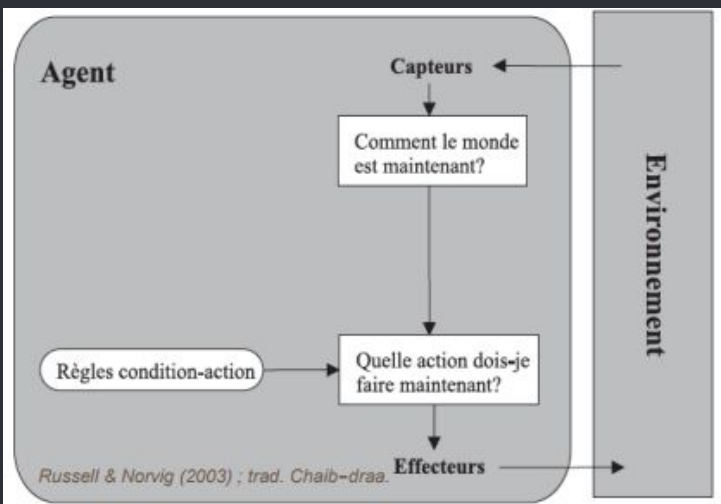
# Le SMA

## Agent réflexe simple

Réagit à la perception instantanée (sans mémoire)

Possède des règles condition-action

Exemple : les robots nettoyeur

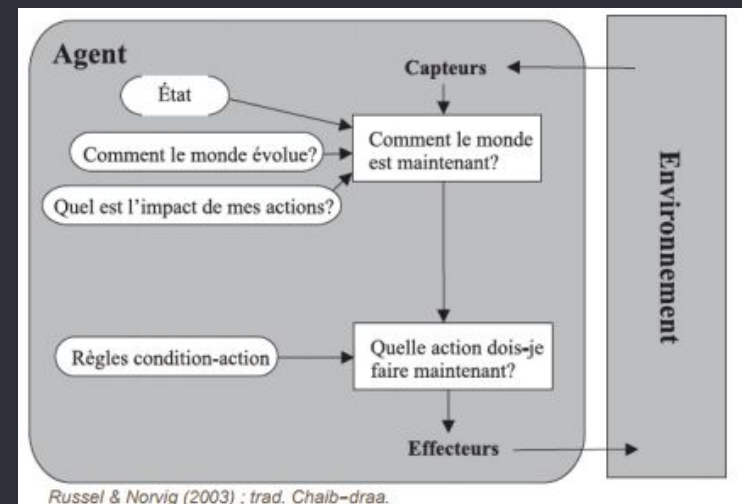


## Agent réflexe avec états

Comme le précédent +

Possède un état du monde observable et un état de l'agent dans ce monde → il faut internaliser l'environnement au sein de l'agent

Exemple : système d'arrêt d'urgence sur les voitures autonomes





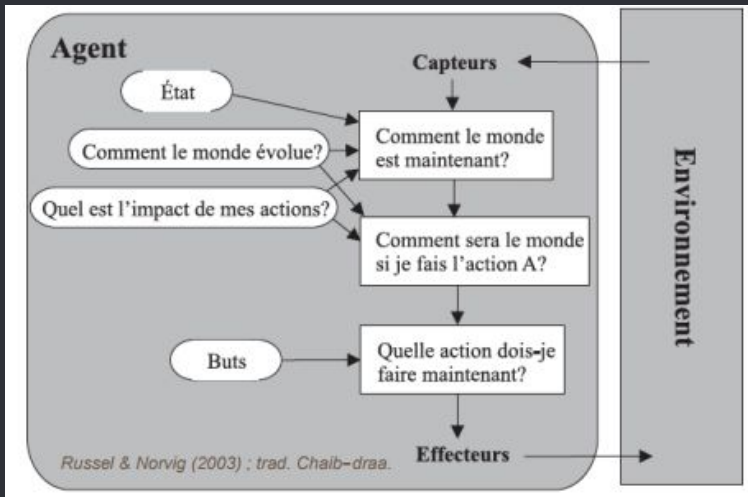
# Le SMA

## Agent avec buts

Comme le précédent +

Sélectionne une action en fonction de ses buts (états ou situations désirées)

Exemple : les batteries des Smart Home



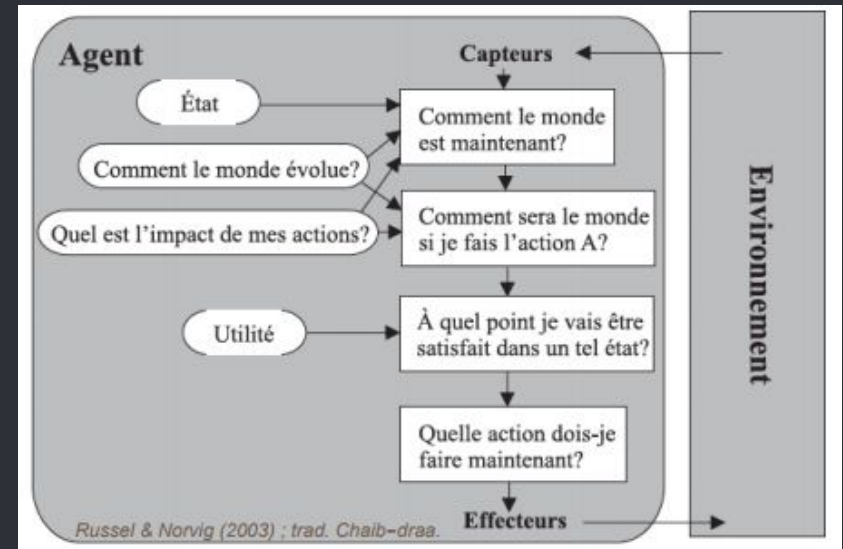
## Agent avec utilités

Comme le précédent +

Possède des buts binaires (à faire; à éviter)

Possède une fonction de satisfaction qui permet de mesurer son bénéfice/utilité sur chaque action

Exemple : un système de stockage lié au marché de l'énergie



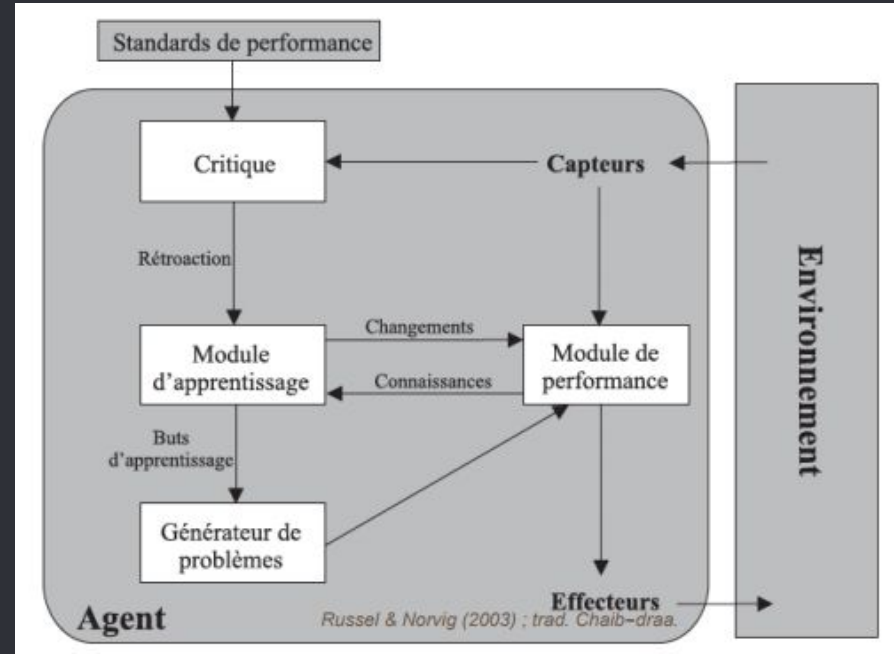
# Le SMA

## Agent apprenant

Comme le précédent +

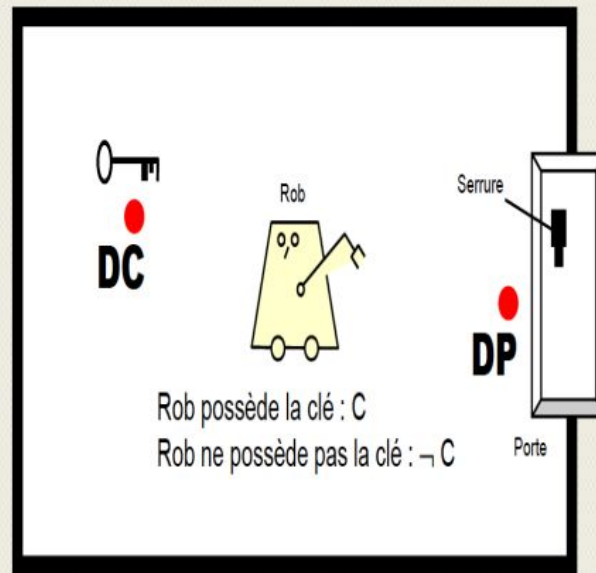
Complète ses connaissances et affine ses règles : fonction de critique, module d'apprentissage, module de performance, générateur de problèmes

Exemple : les batteries des Smart Home



# Le SMA

Problème :  
« Rob le robot doit sortir de la pièce ».



Porte ouverte : PO  
Porte Fermée : PF  
Porte Fermée à clé : PFC

Position DP = Devant la Porte  
Position DC = Devant la Clé

J.-P. Sansonnet

## Rob réactif

La fonction de transition T est un ensemble non ordonné de règles de type

*Si condition alors action*

qui sont exécutées dans une boucle infinie et non déterministe :

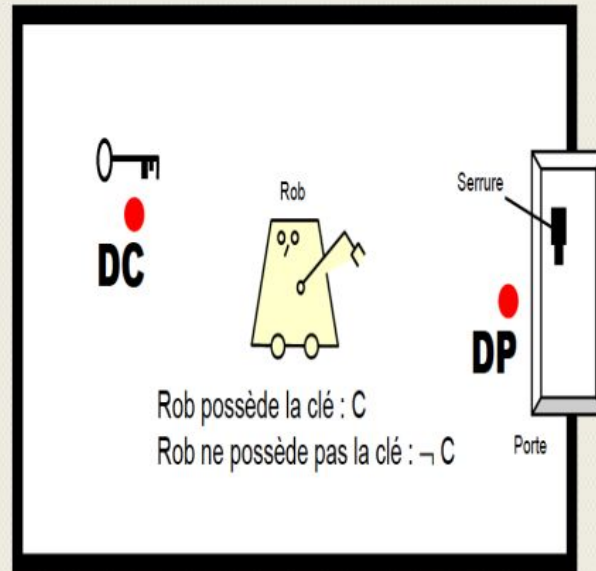
```
Si DP ∧ PO           Alors SORTIR
Si DP ∧ PF           Alors OUVRIR
Si DP ∧ PFC ∧ C     Alors DEVEROUILLER
Si DP ∧ PFC         Alors RANDOM-WALK
Si DC ∧ C           Alors RANDOM-WALK
Si DC ∧ ¬ C         Alors PRENDRE-CLE
```

Question :

prouver que le système {règles + CI} où CI = conditions initiales quelconques, converge c'est-à-dire que Rob finit bien par sortir au bout d'un « certain temps ».

# Le SMA

Problème :  
« Rob le robot doit sortir  
de la pièce ».



Porte ouverte : PO  
Porte Fermée : PF  
Porte Fermée à clé : PFC

Position DP = Devant la Porte  
Position DC = Devant la Clé

J.-P. Sansonnet

## Rob cognitif

L'agent possède un plan P pour sortir qu'il exécute de manière séquentielle et déterministe quelle que soit sa position de départ et quel que soit l'état initial du monde :

**ALLER-A DP** — *appel du sous-plan ALLER-A(x,y)*

**Si PO Alors SORTIR**

**Sinon Si PF Alors OUVRIR;SORTIR**

**Sinon Si PFC**

**Alors Si C Alors DEVEROUILLER;OUVRIR;SORTIR**

**Sinon ALLER-A DC**

**PRENDRE-CLE**

**ALLER-A DP**

**DEVEROUILLER;OUVRIR;SORTIR**

J.-P. Sansonnet

# Le SMA

## Exemple : l'agent nettoyeur

Si la zone est sale, je nettoie  
si la zone est nettoyée est de nouveau sale alors l'agent y retourne

Agent réflexe simple

J'observe localement un autre agent qui vient la salir  
je retourne sur la zone et je peux prévenir mon environnement du trouble

Agent réflexe avec modèle

J'ai deux objectifs 1 = se recharger, 2 = ne pas tomber en panne.  
j'ai besoin de me recharger donc je m'approche d'une zone, je m'approche lentement car batteries faibles

Agent avec buts

J'ai deux utilités  $Utilité(\text{se recharger}) < Utilité(\text{ne pas tomber en panne})$   
j'ai besoin de me recharger mais je sais que je n'arriverai pas à la zone, je décide de m'arrêter et de demander de l'aide externe.

Agent avec utilités

Même scénario  
je trouve un chemin qui économise mes batteries, j'apprends des routes pour nettoyer et rejoindre les points de recharge le plus efficacement possible

Agent apprenant

# ● Le SMA

○ A vous de jouer ! Prenez l'exemple d'appareils dans une Smart House

Règle ???

Action ???

Agent réflexe simple

Analyse locale ???

Action ???

Agent réflexe avec modèle

Buts ???

Action ???

Agent avec buts

Utilités ???

Action ???

Agent avec utilités

Même scénario

Action ???

Agent apprenant



3

## Le modèle

Des agents au modèle multi-agent

# Le SMA

## Comment définir un SMA

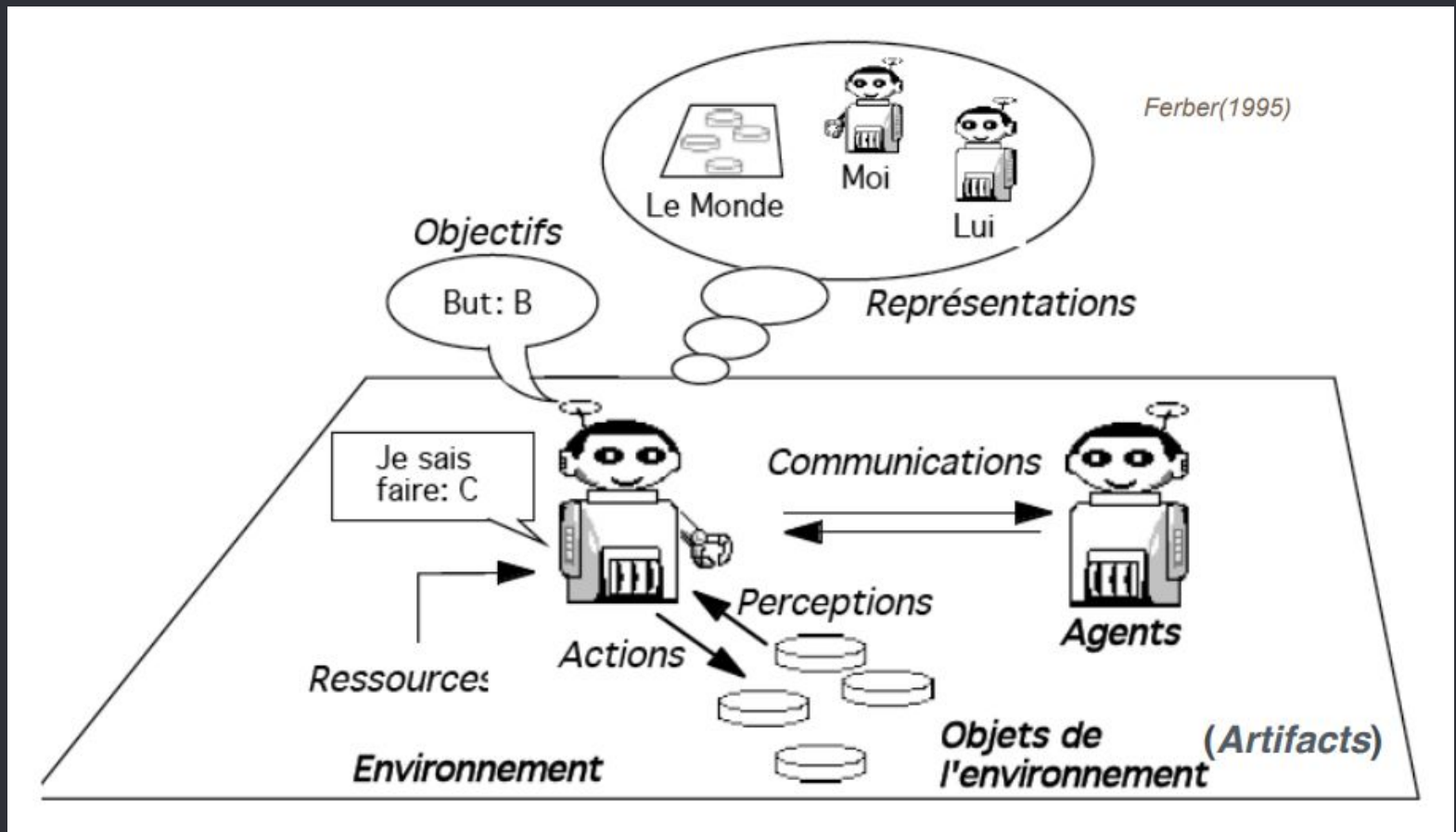
Un SMA est défini par 5 littéraux (A,E,I,O,U) - Demazeau, l'approche voyelles :

- Un ensemble B d'entités plongées dans un environnement E
- Un ensemble A d'agents avec A inclus dans B
- Un système d'action/opération permettant à ces agents d'agir dans E
- Un système de communication/interaction I entre agents
- Une organisation par rôle/groupe O structurant l'ensemble des agents et définissant les fonctions remplies par les agents
- Une relation homme-machine pour que les utilisateurs agissent avec le SMA avec des agents interfaces U inclus dans A



# Les interactions

## Schéma générique de Ferber



# Les interactions

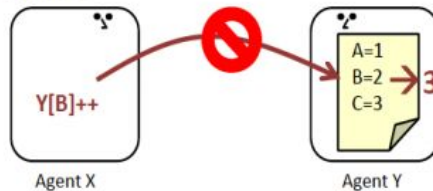
Une interaction est une méthode de coopération pour le partage d'information et la résolution de conflits.

J.-P. Sansonnet

## Interaction Directe

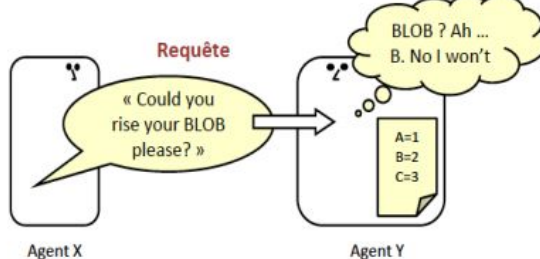
### Action directe (interdite)

Un agent peut agir directement sur l'état physique d'une chose de son environnement (objet, autre agent, humain). Cela sera interdit dans un SMA :



### Requête (formelle ou langagière)

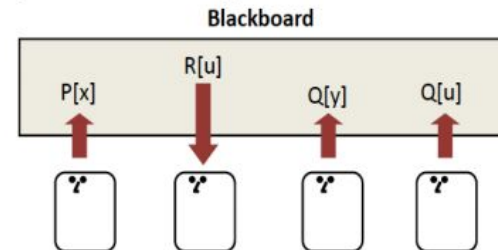
L'agent envoie une requête à un interlocuteur qui est un autre agent ou à un humain de son environnement (pas à un objet !). L'interlocuteur interprète cette requête et la satisfait ou non en fonction de sa propre subjectivité (état physique et mental) :



## Interaction Indirecte

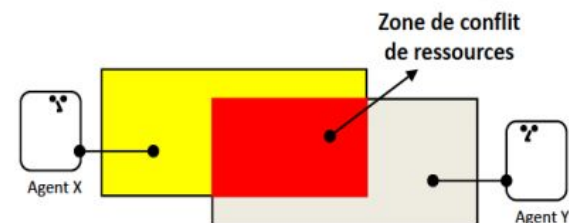
### Blackboard (base de connaissances)

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 »



### Partage de ressources (Stigmergie)

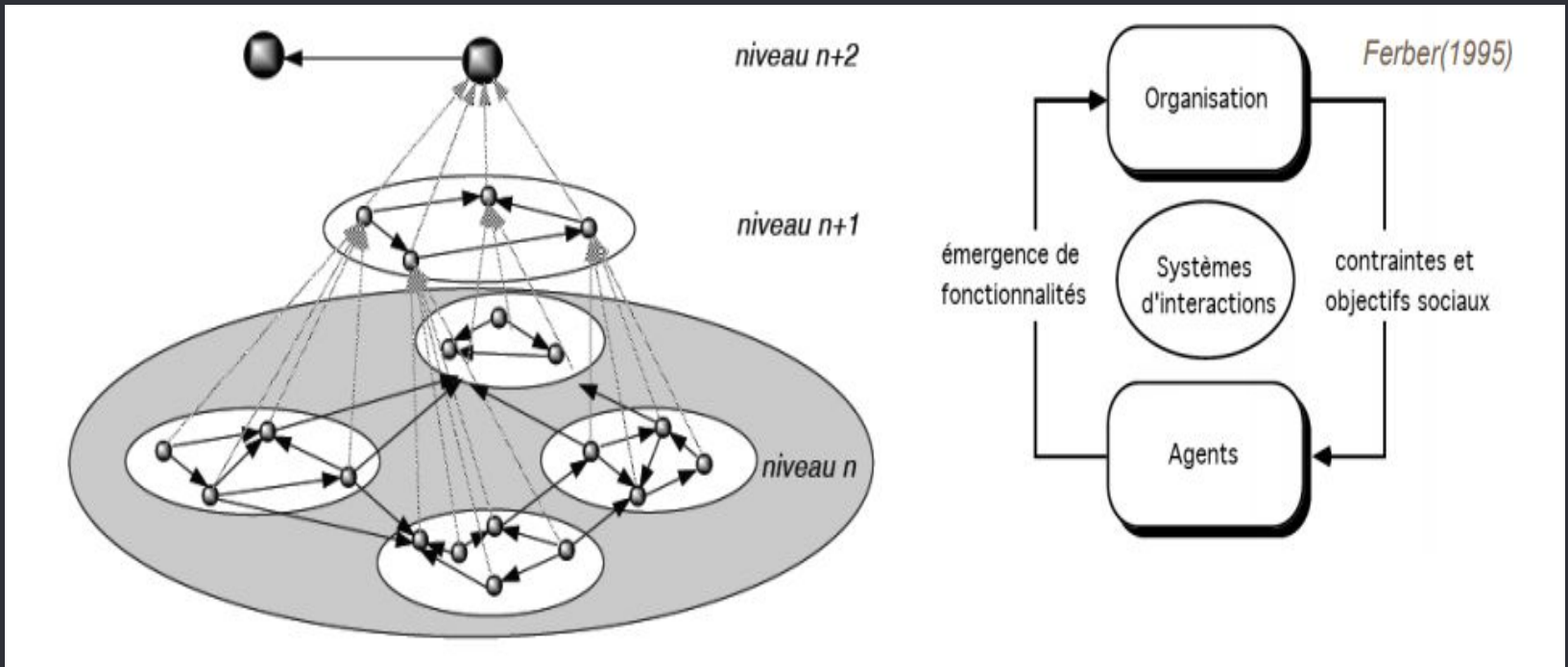
Les modèles de population animales par exemple sont fondés sur une compétition pour une quantité de ressources à partager qui est fixée : la ressource sert alors de médiateur entre les agents.





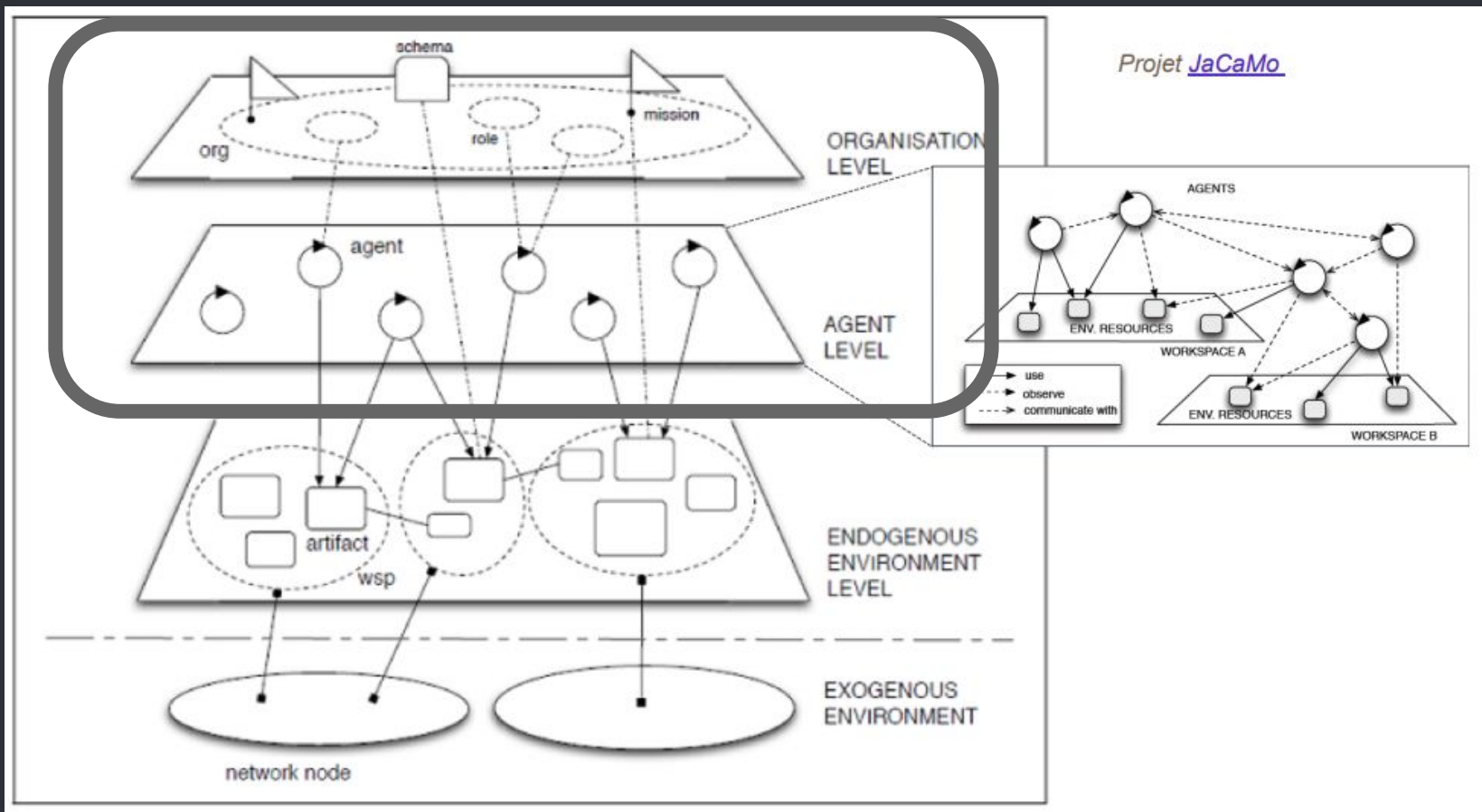
# ● L'organisation

L'organisation décrit les rôles, les groupes et les interactions au sein d'une entité.



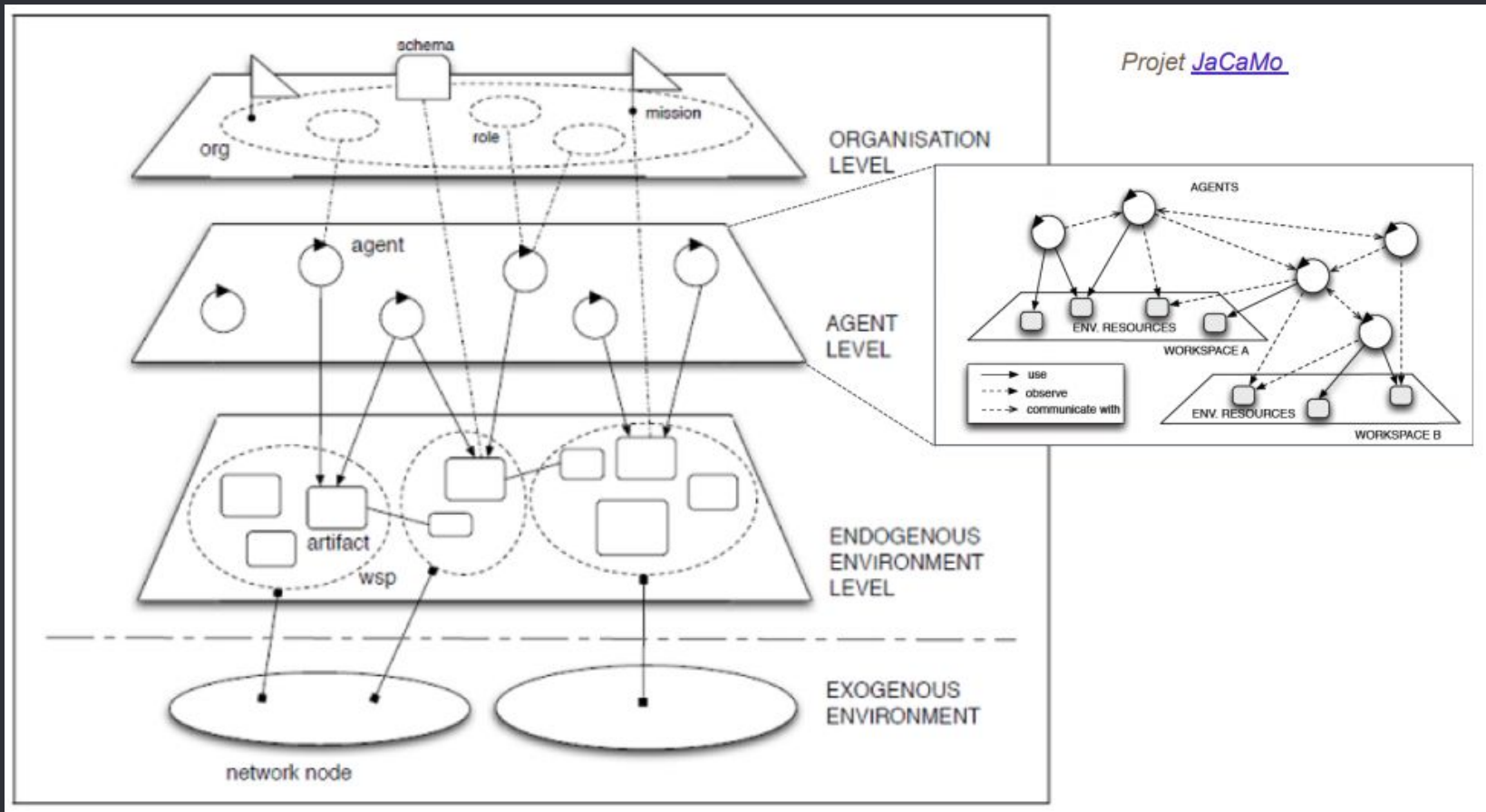
# L'organisation

A vous de jouer ! Trouvez des interactions dans une Smart House



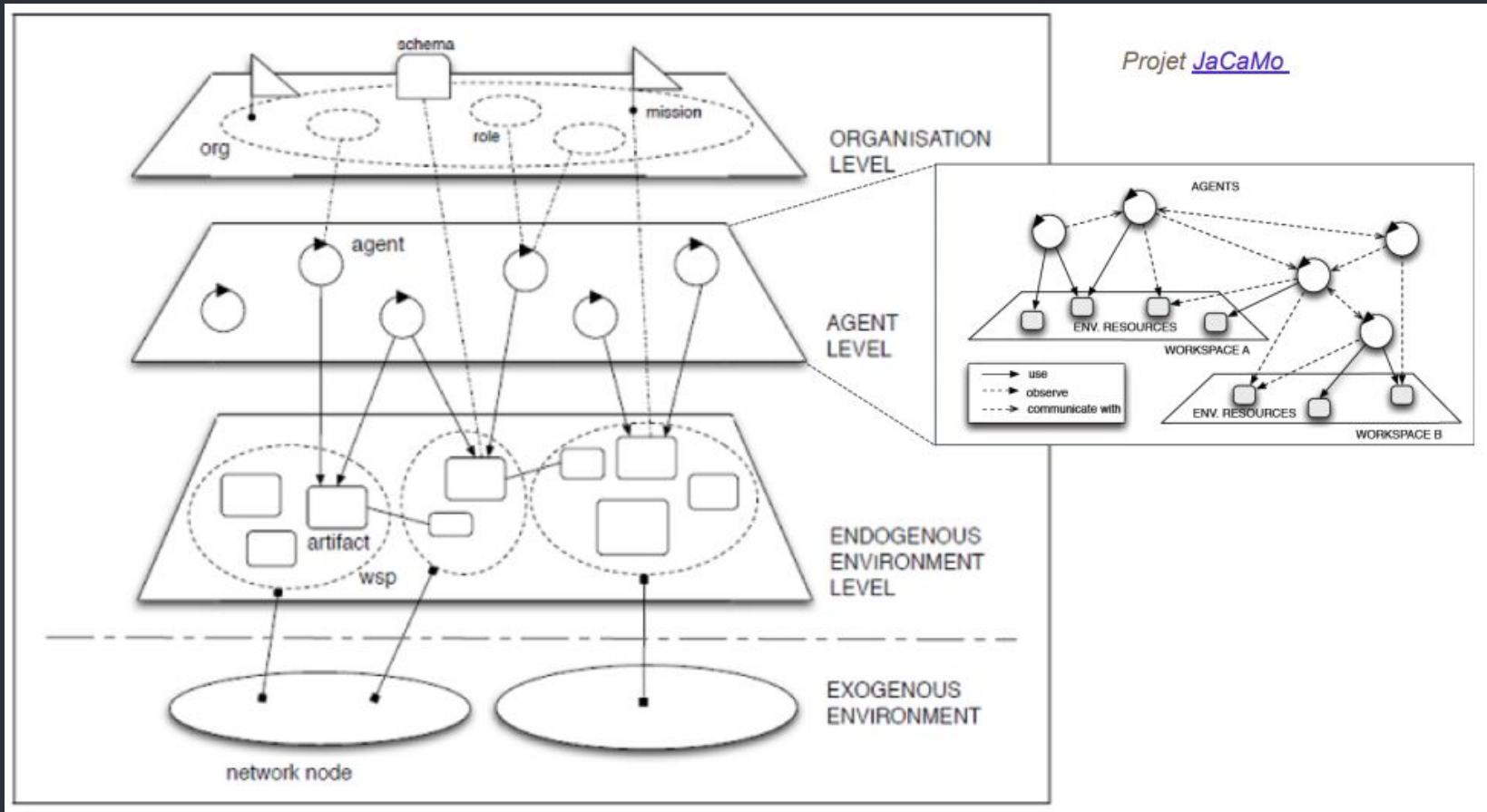
# L'environnement

Contexte dans lequel évolue les agents



# L'environnement

A vous de jouer ! Complétez votre modèle



- Félicitations !

**Vous comprenez maintenant l'approche systémique !**

**Vous pouvez comprendre les interactions et la complexité de former une Smart House, un Microgrid ou même un Smart Grid. Pensez-y quand vous êtes face à un problème apparemment trop complexe à étudier !**





An aerial, isometric view of a city grid. A large, light green park area is shaped like a human head, with a river flowing through it. The city is filled with various buildings, streets, and green spaces. The text "Merci pour votre attention !" and "smart--grid.net" is overlaid on the bottom left.

*Merci pour votre attention !*  
*smart--grid.net*