

# La simulation multi-agent (partie 1)

**Jacques Ferber**

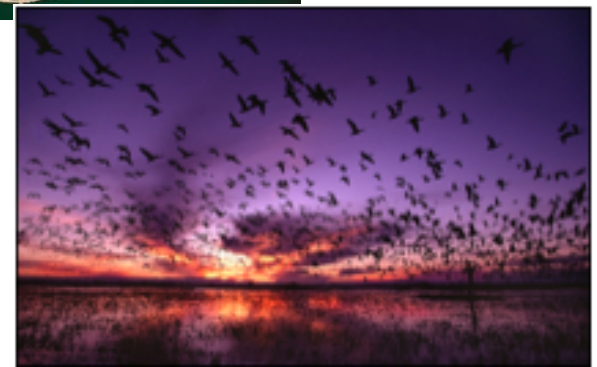
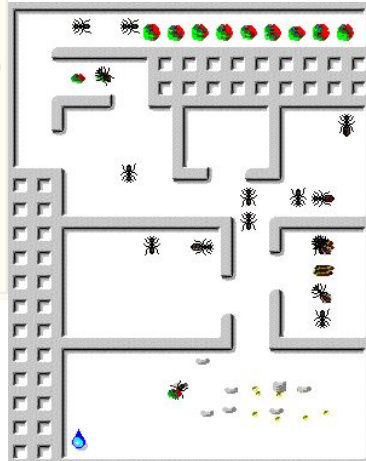
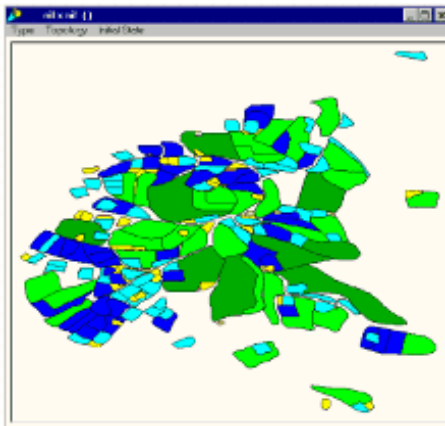
**LIRMM - Université Montpellier II  
161 rue Ada  
34292 Montpellier Cedex 5**

**Email: [ferber@lirmm.fr](mailto:ferber@lirmm.fr)  
Home page: [www.lirmm.fr/~ferber](http://www.lirmm.fr/~ferber)**

**Version 1.6 Oct. 2019**

# Objectifs

**Analyser des systèmes complexes  
(bio, socio, techniques)**



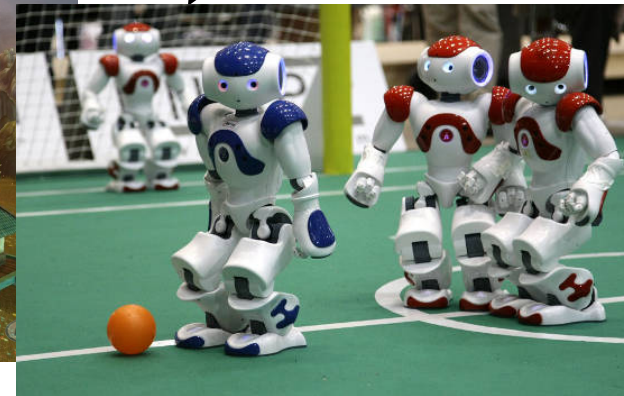
# Application des systèmes multi-agents

- ◆ Utilisée pour la création d'effets spéciaux de films (effets de foule)

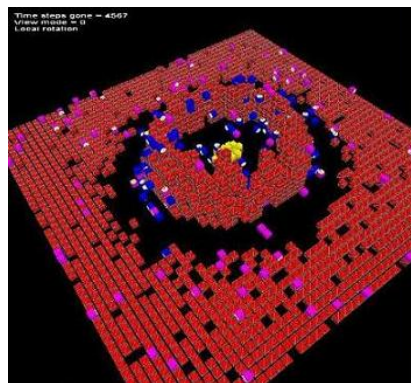


- ◆ La robotique collective

- ◆ Les jeux video (intelligence des caractères)



- ◆ La simulation de systèmes complexe

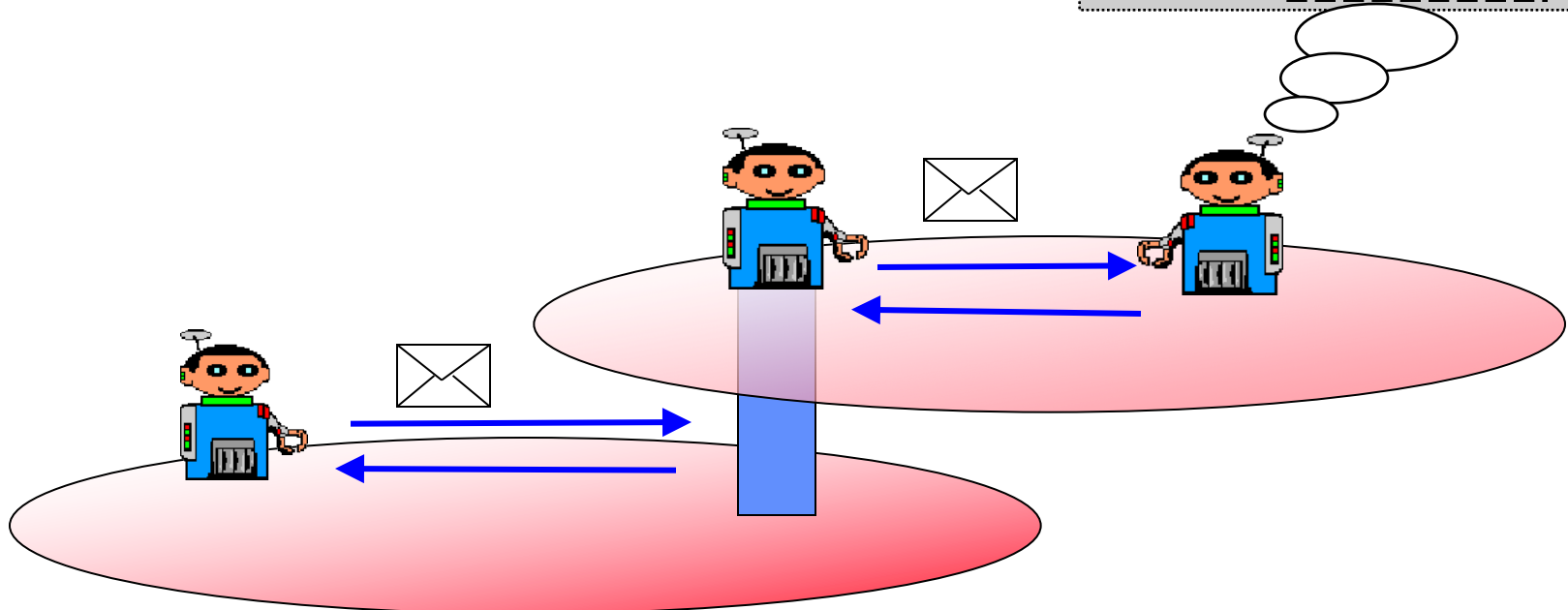
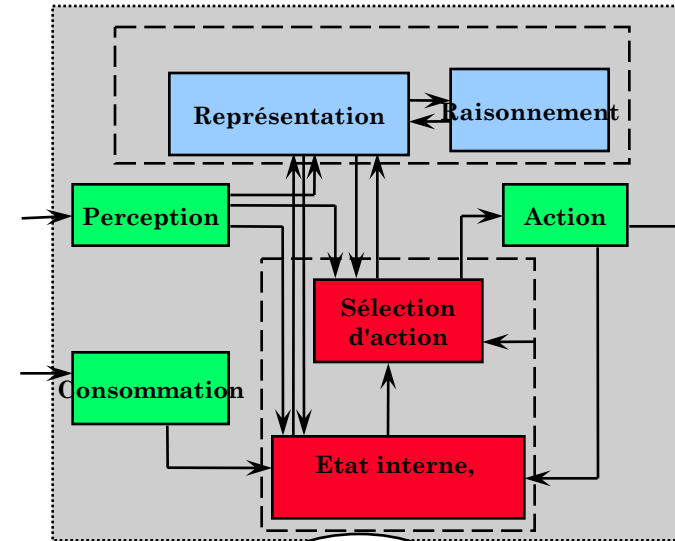


Nao, robot, ici jouant à la Robot Cup

# La programmation orientée agent

## ◆ Agent = objet +

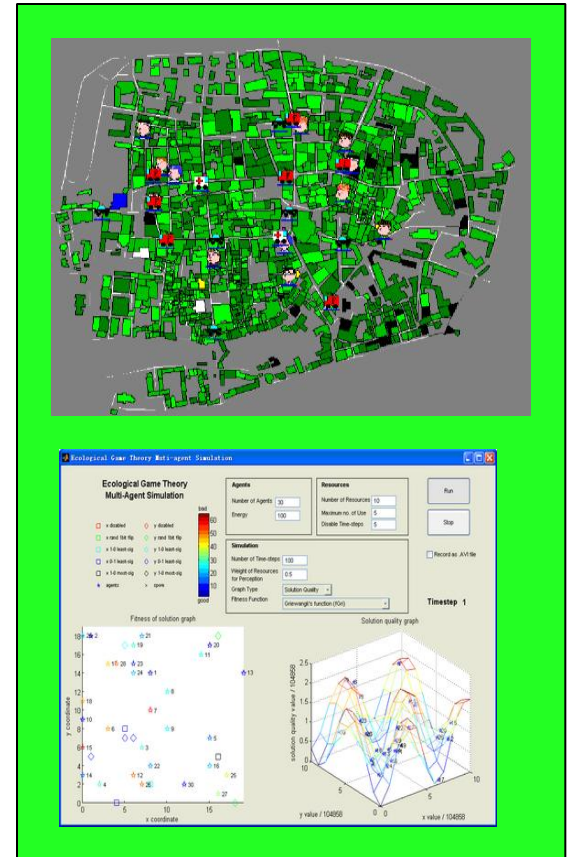
- Distribution (P2P)
- Envoi de messages asynchrones
- Autonomie d'exécution (thread)
- Perception/action
- Autonomie de décision
- Organisation = un agent joue des rôles dans des groupes



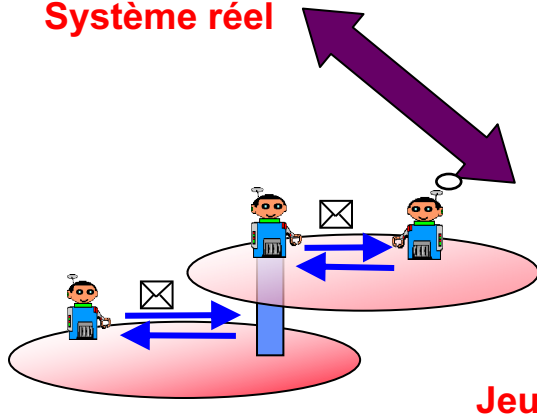
# Processus de modélisation

- Modéliser et simuler un phénomène naturel, économique, social, ou “éco-socio-naturel”

Simulation



Systeme réel

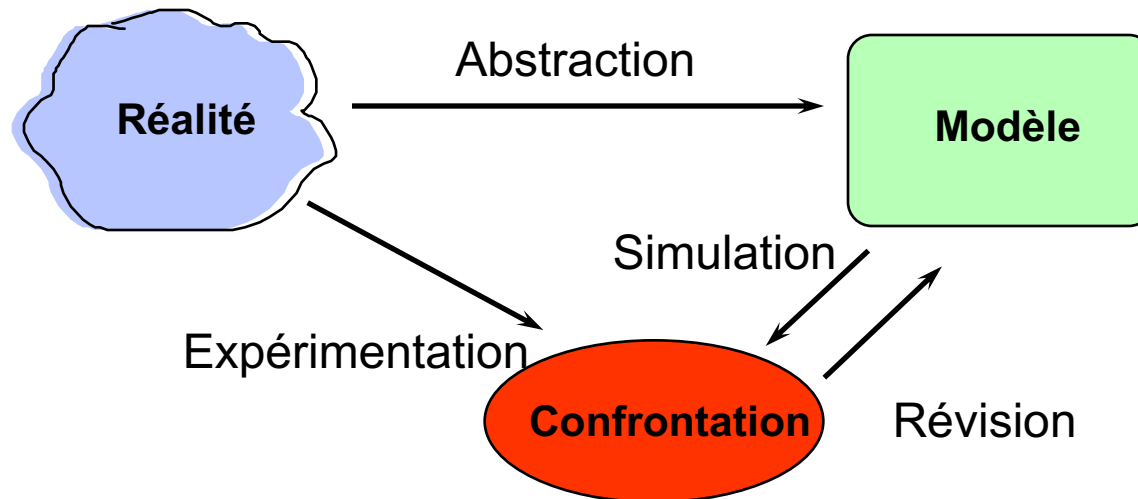


Jeu

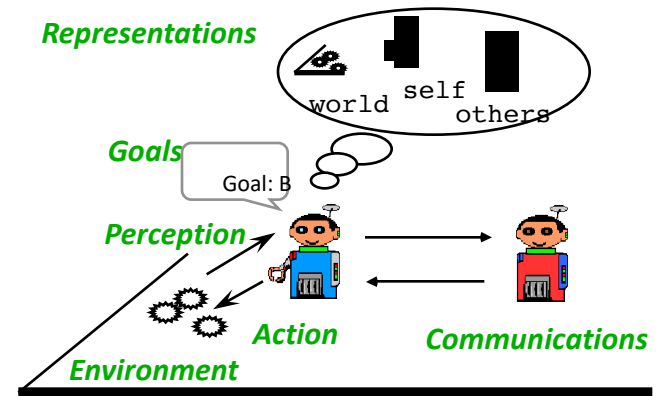


## ► **Simuler = reproduire un phénomène afin de**

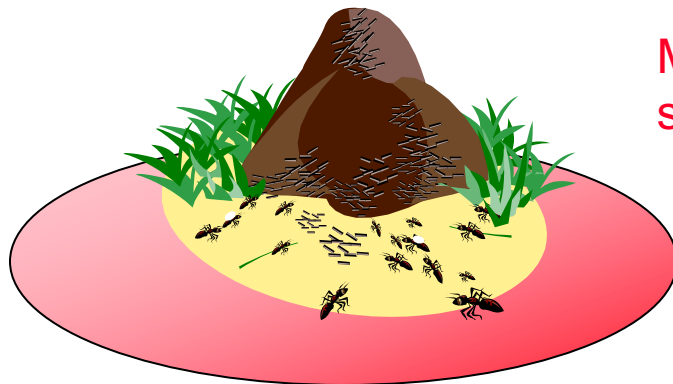
- ☞ Tester des hypothèses permettant d'expliquer le phénomène (définition d'un modèle)
- ☞ Prévoir l'évolution du phénomène



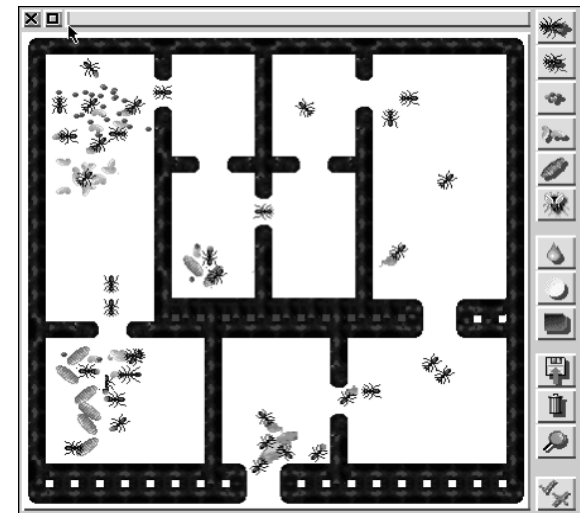
# de la métaphore au modèle



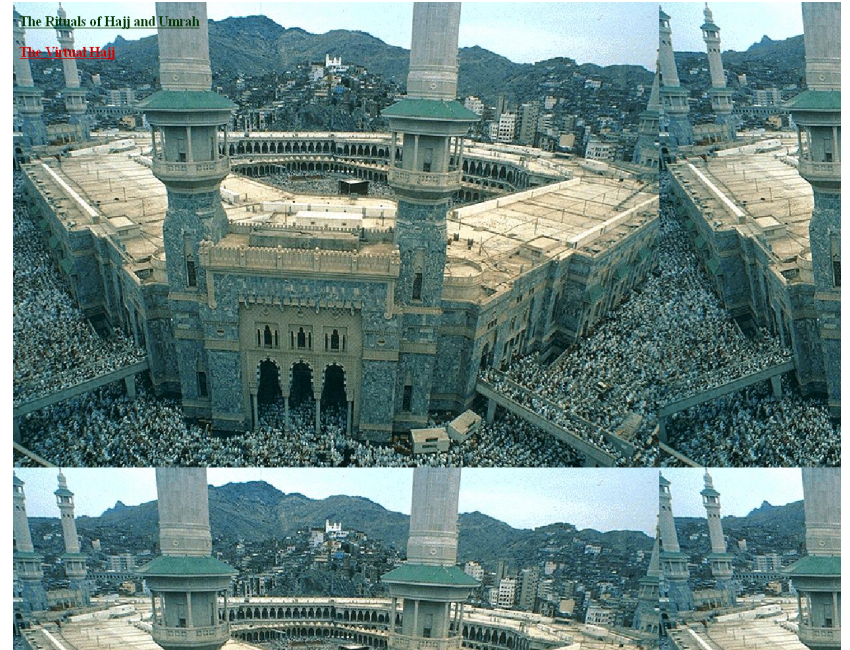
Design  
simulators



Modeling and  
simulation

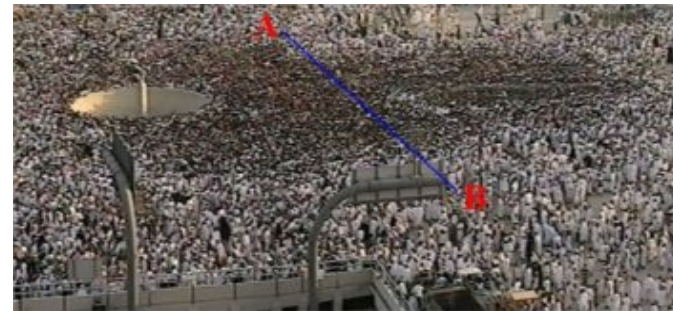
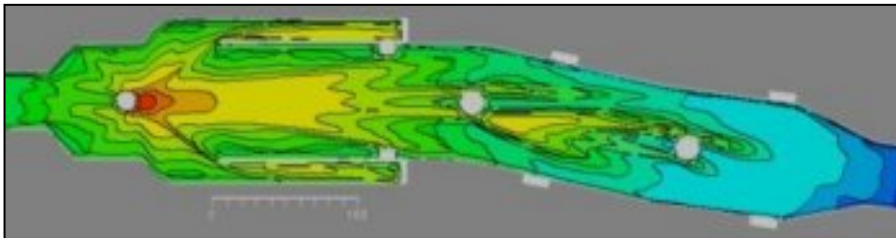
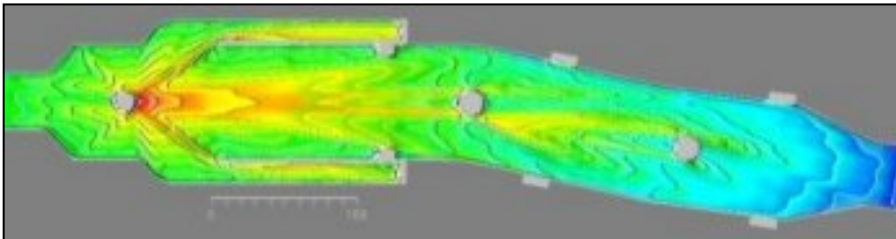


# Mouvements de foule

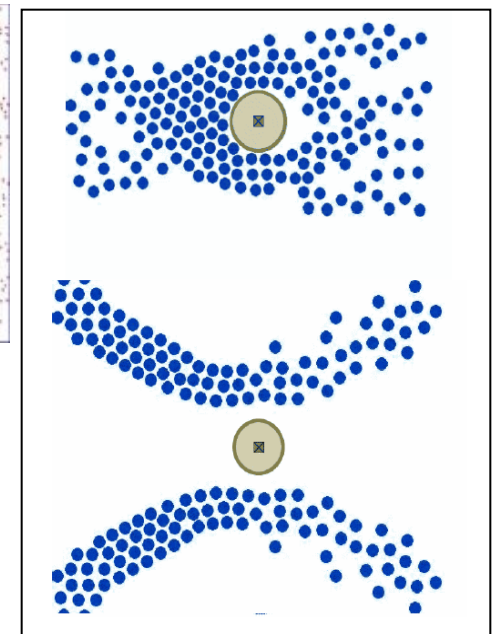
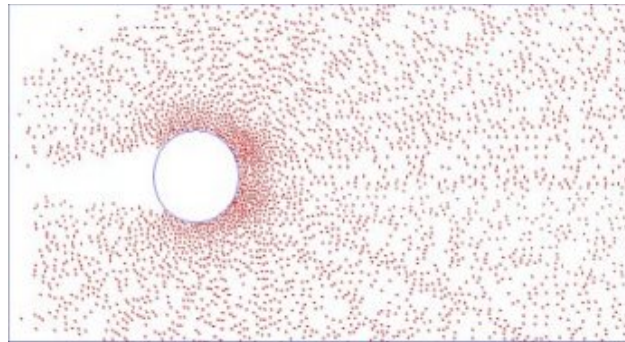
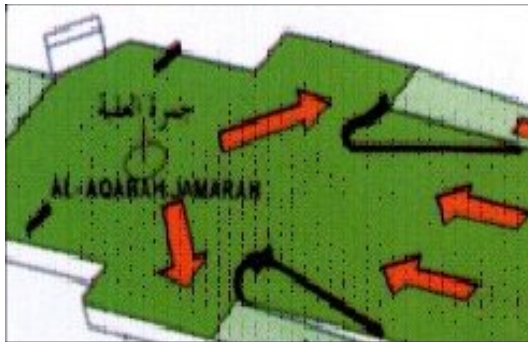
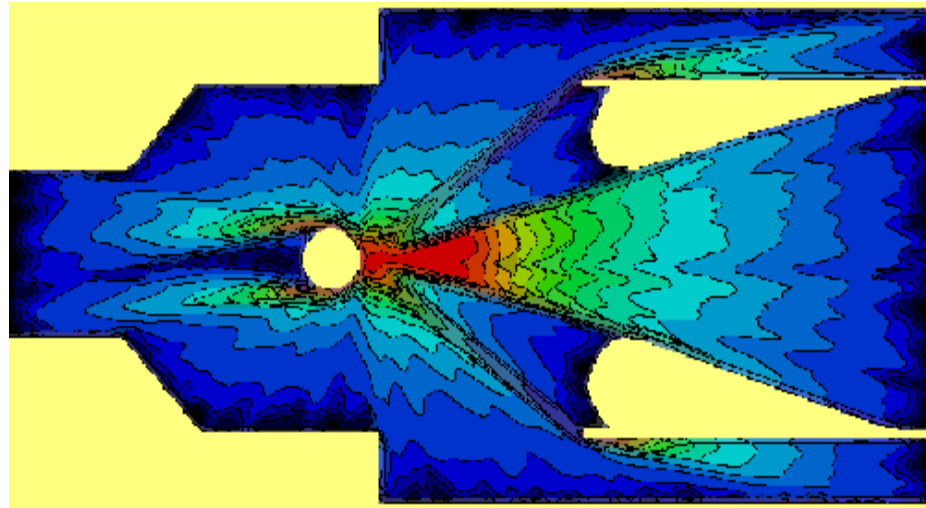




# Modélisation du flux des pèlerins à la Mecque pour le Hajj (Batty – 07)



# Comment contrôler le flux



Comparaison entre une conception à base de simples particules et une solution améliorée. Les pèlerins doivent être près du cercle afin de jeter des pierres au pilier central (le mal). Très grande densité autour du pilier. Nouvelle idée: avoir des flux le long des piliers, évitant une trop grande compression des personnes.

# Intérêt de la simulation

- ◆ **Possibilité de tester rapidement une hypothèse**
- ◆ **Met en évidence les aspects émergents d'un phénomène dépendant de choix individuels**
- ◆ **Met en évidence l'existence ou non de situations stables, de capacités de résilience, etc..**

# Simulations classiques (ex; Proies/prédateurs)

. exemple:

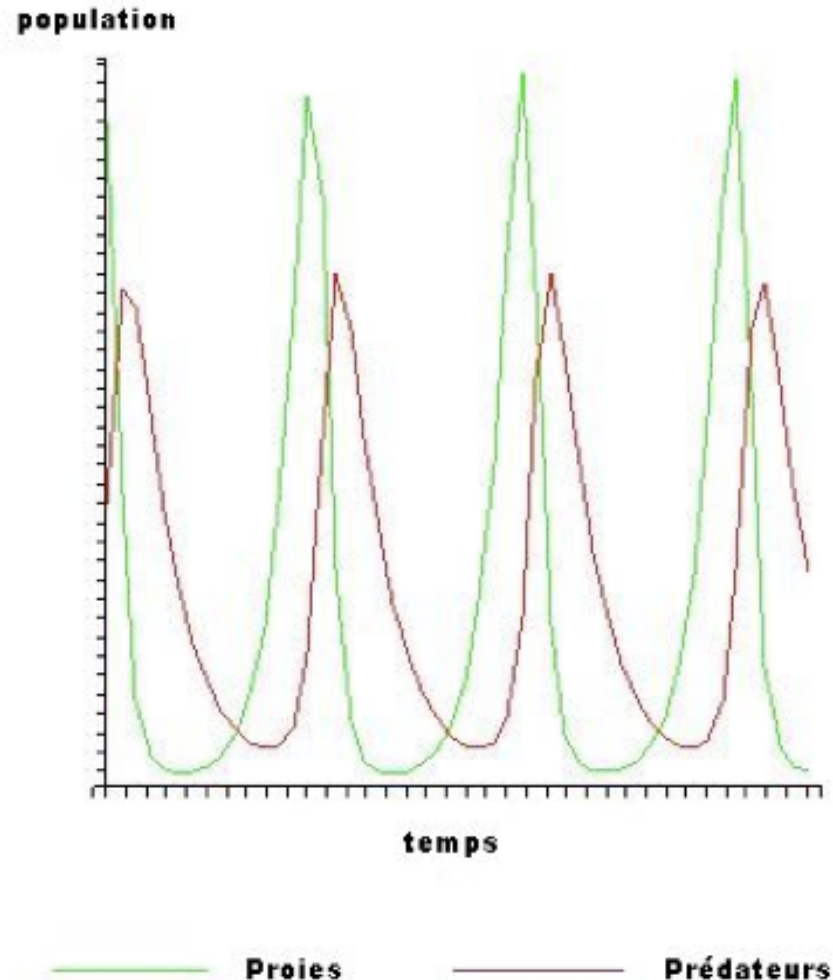
[Lokta 25]

[Volterra 26]

$$\frac{dx}{dt} = gx - kxy$$

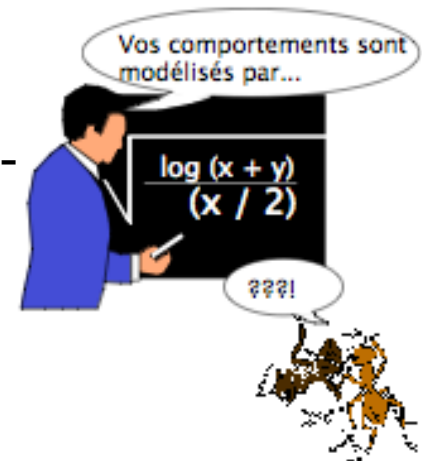
$$\frac{dy}{dt} = ckxy - dy,$$

- $x$  = nombre de proies
- $y$  = nombre de prédateurs
- $g$  = taux reproduction (infini)
- $k$  = taux de prédation
- $c$  = capacité à transformer la prédation en prédateurs
- $d$  = mort des prédateurs



# Limites des modélisations classiques

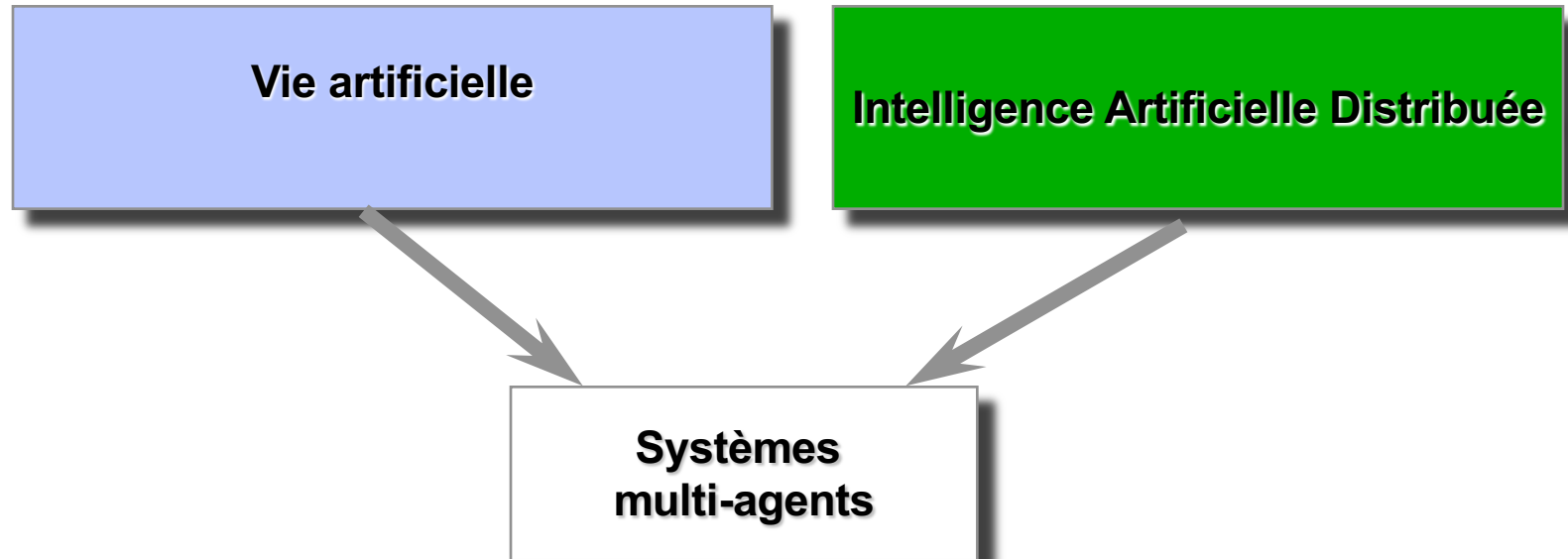
- ◆ **Modèle équationnel à très grand nombre de paramètres (parfois difficiles à interpréter)**
- ◆ **Difficulté pour passer du niveau micro au niveau macro**
- ◆ **Ne représente pas les comportements mais les résultats des comportements (nombre de descendants, quantité de nourriture absorbée, etc..)**
  - Difficulté (voire impossibilité) de représenter les comportements (prédation, rituels d'accouplement, acquisition de nourriture, etc..)
- ◆ **Difficulté d'appréhender l'hétérogénéité des comportements / types d'individus.**
- ◆ **Ne permet pas de comprendre les structures spatio-temporelles et sociales (ex: structures de bancs de poissons, files de fourrage chez les fourmis, spécialisation, hiérarchies sociales)**



- ◆ **Modèles orientés agents**
- ◆ **Premiers travaux début des années 90**
  - A pris un développement considérable à partir de 2004-2005 jusqu'à aujourd'hui
- ◆ **Revue:**
  - Journal of Artificial Societies and Social Simulations:  
☞ <http://jasss.soc.surrey.ac.uk/JASSS.html>

- 1) Utiliser des modèles centrés sur les entités et leurs interactions*
- 2) Considérer que la dynamique générale du système est issue des interactions entre ces entités*

# Systemes multi-agents



## Vie artificielle:

- Analyser, étudier et reproduire les mécanismes qui permettent la vie: **autonomie, adaptation, évolution**
- Comprendre les processus qui permettent l'apparition de **structures émergentes**

## Intelligence Artificielle Distribuée:

- Concevoir des logiciels et résoudre des problèmes en considérant des **sociétés d'entités informatiques autonomes (agents)**
- Etudier et définir des mécanismes permettant la **coordination d'action, la coopération, la négociation, l'allocation de tâches distribuée, etc...**



# Quelques exemples paradigmatiques

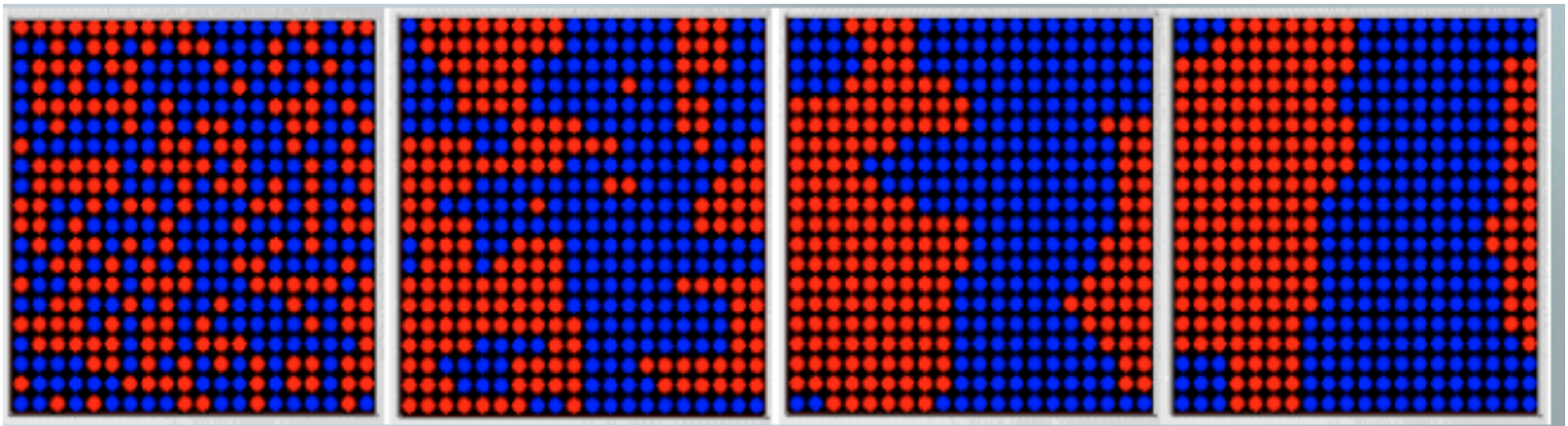
- ◆ **La ségrégation spatiale de Schelling**
- ◆ **Mouvements de foules**
- ◆ **Manta: organisation sociale des fourmis**
- ◆ **Autres...**

# Ségrégation Spatiale de Schelling

## ◆ Thomas Schelling 1971

- Etude de la ségrégation raciale, et en particulier des ghettos urbains.
- Idées initiales: la ségrégation est une fonction des dominants qui empêchent les autres de venir près d'eux.
  - ☞ Il y a une volonté de créer ces ghettos

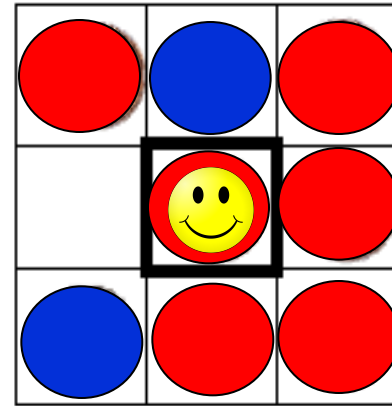
## ◆ On peut montrer en fait que la ségrégation arrive rapidement si les individus veulent être avec des gens « comme eux »



# Principe de Schelling

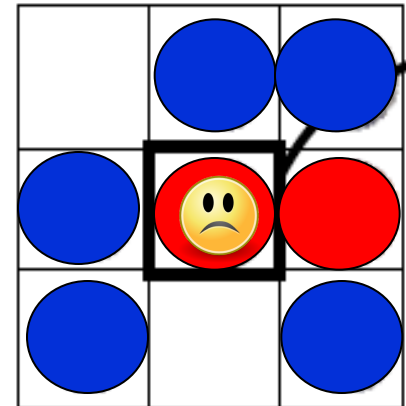
## ◆ Reste (heureux)

- si voisins semblables à moi  $> 1/3$



## ◆ Bouge (malheureux)

- Si voisins semblables  $< 1/3$
- Bouge et cherche un endroit meilleur



**Voir demo en NetLogo**

- ◆ **Economie**
- ◆ **Gestion de l'espace / aménagement du territoire**
- ◆ **Mouvement de foules**
- ◆ **Gestion de ressources renouvelables**

Ref: Amblard F. Phan D. eds.(2006)  
Modélisation et simulation multi-agents  
pour les Sciences de l'Homme et de la Société :  
une introduction,  
Hermes-Sciences, 414, 2006.

# Un exemple: le projet Manta

PARIS VI  
LAFORIA

PARIS XIII  
Labo d'Ethologie

Alexis Drogoul  
J. Ferber  
(Steffen Lalande)

Dominique Fresneau  
Bruno Corbara

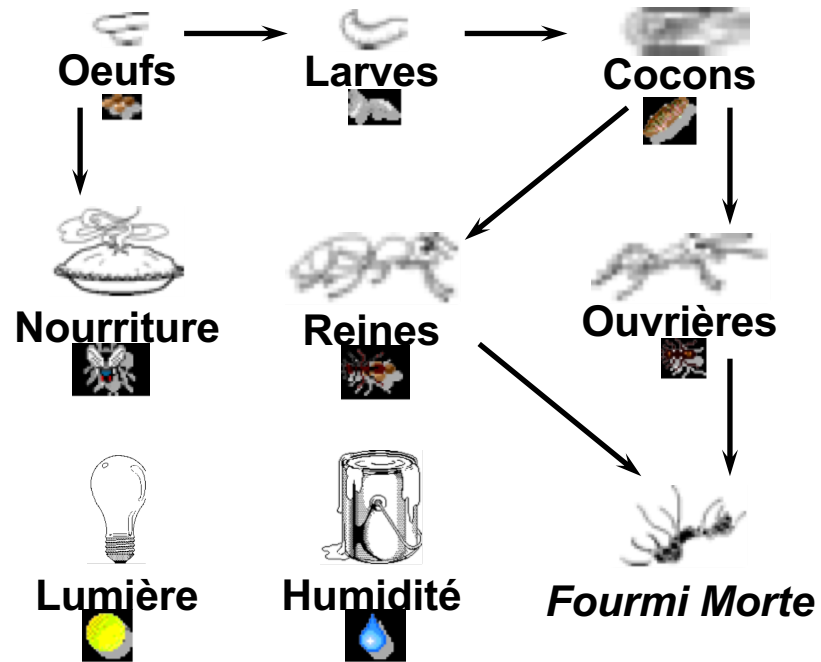
**MANTA**

**Modélisation comportementale d'une  
société de fourmis *Ectatomma ruidum***

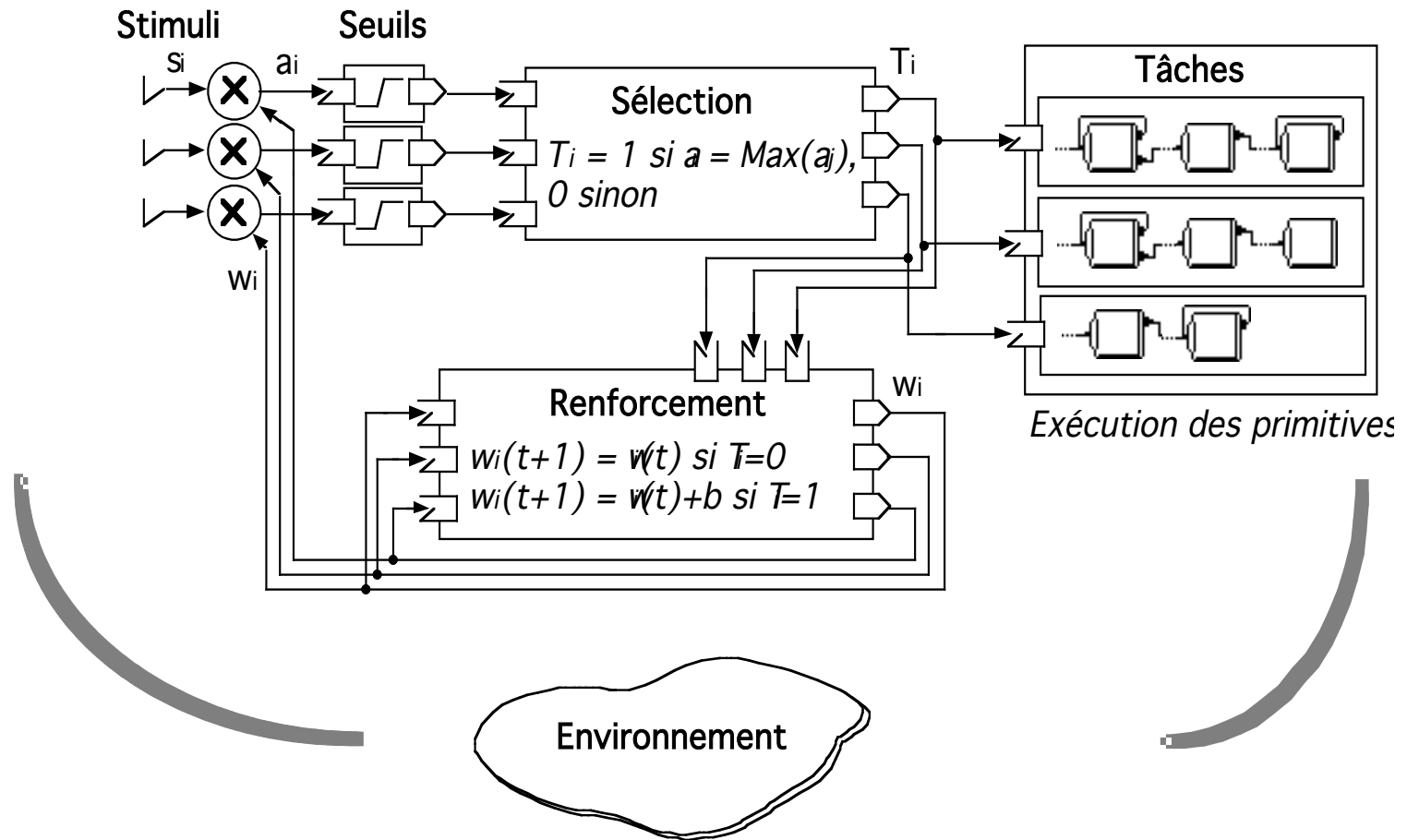
**et l'étude de l'émergence de structures  
sociales au sein d'une colonie**



# Les agents Manta



# Le comportement des agents



# Manta: le laboratoire virtuel

The image displays the Manta virtual laboratory interface, which is used for simulating multi-agent systems. The main window shows a simulation of ants in a maze-like environment. The interface is divided into several panels:

























































- AGENTS:** A list of agent classes including AntAgent, CocoonAgent, DeadAntAgent, EggAgent, and FoodAgent. There is an "Add Class..." button.
- STIMULI:** A list of stimuli including cocoon, cureAnt, cureCocoon, cureEgg, and default. There is an "Add Stimulus..." button.
- PARAMETERS:** A table of parameters for the selected agent or stimulus.

PARAMETERS	Value
WEIGHT	4
THRESHOLD	11
INCREMENT	1
- OPERATORS:** A list of operators including exec:with:, exec:with:then:, execWhileSucces, execWhileSucces, and exec:.
- PRIMITIVES:** A list of primitives including primFollow:, primPickUp:, primPutDown:, and primCure:.
- ARGUMENT:** A text field containing the word "cocoon".
- ACTIYATION:** A diagram showing the activation sequence of the selected primitive, with a mouse cursor pointing to the second step.
- END:** A diagram showing the end state of the primitive.

The simulation window shows a maze with ants, food, and cocoons. A toolbar on the right side of the simulation window contains icons for various actions, including adding agents, stimuli, and primitives, as well as saving, deleting, and zooming.

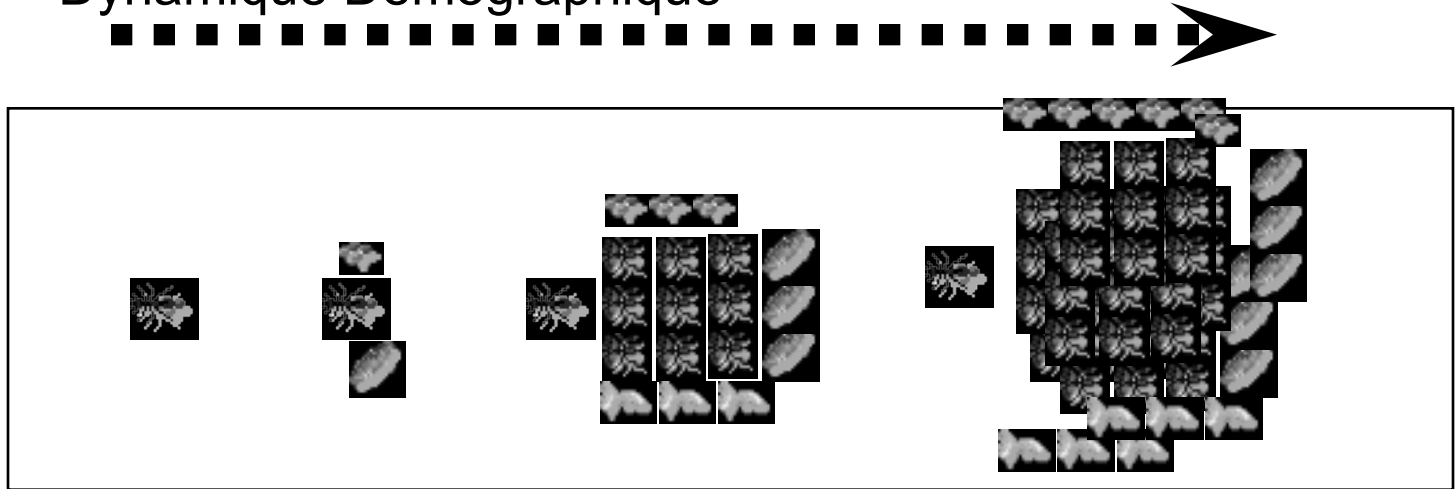


# Quelques comportements

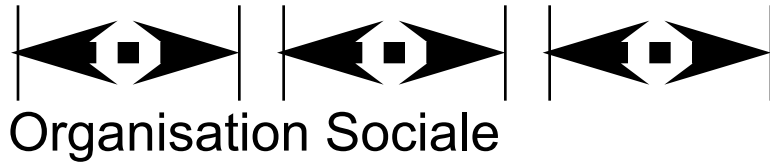
<i>Propagateur</i>	<i>Stimulus</i>	<i>Séquence de Primitives</i>	<i>Interruption</i>
	egg	 →  →  → 	
	cure Egg	 → 	
	larva	 →  →  → 	
	cure Larva	 → 	
	hungry Larva	 →  →  → 	
	maturing Larva	 →  →  → 	
	cocoon	 →  →  → 	
	cure Cocoon	 → 	
	cure Ant	 → 	
	hungry Ant	 →  →  → 	
	killEgg	 → 	
	kill Larva	 → 	
	food	 →  →  → 	
	light		

# Manta: expériences

Dynamique Démographique



► 300 sociétés artificielles de fourmis (depuis leur fondation jusqu'à l'âge adulte)

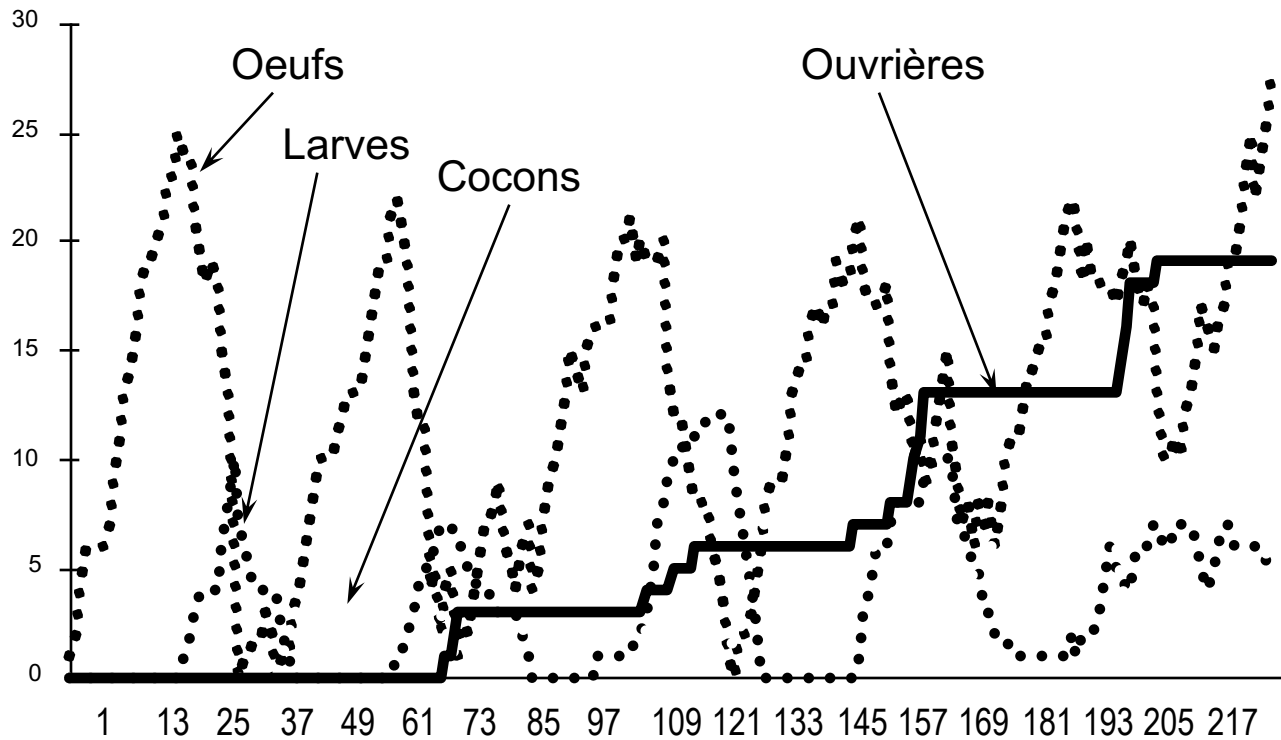


Evolution de l'Organisation

Evolution avec Restriction de la Nourriture

Evolution Polygyne (plusieurs reines)

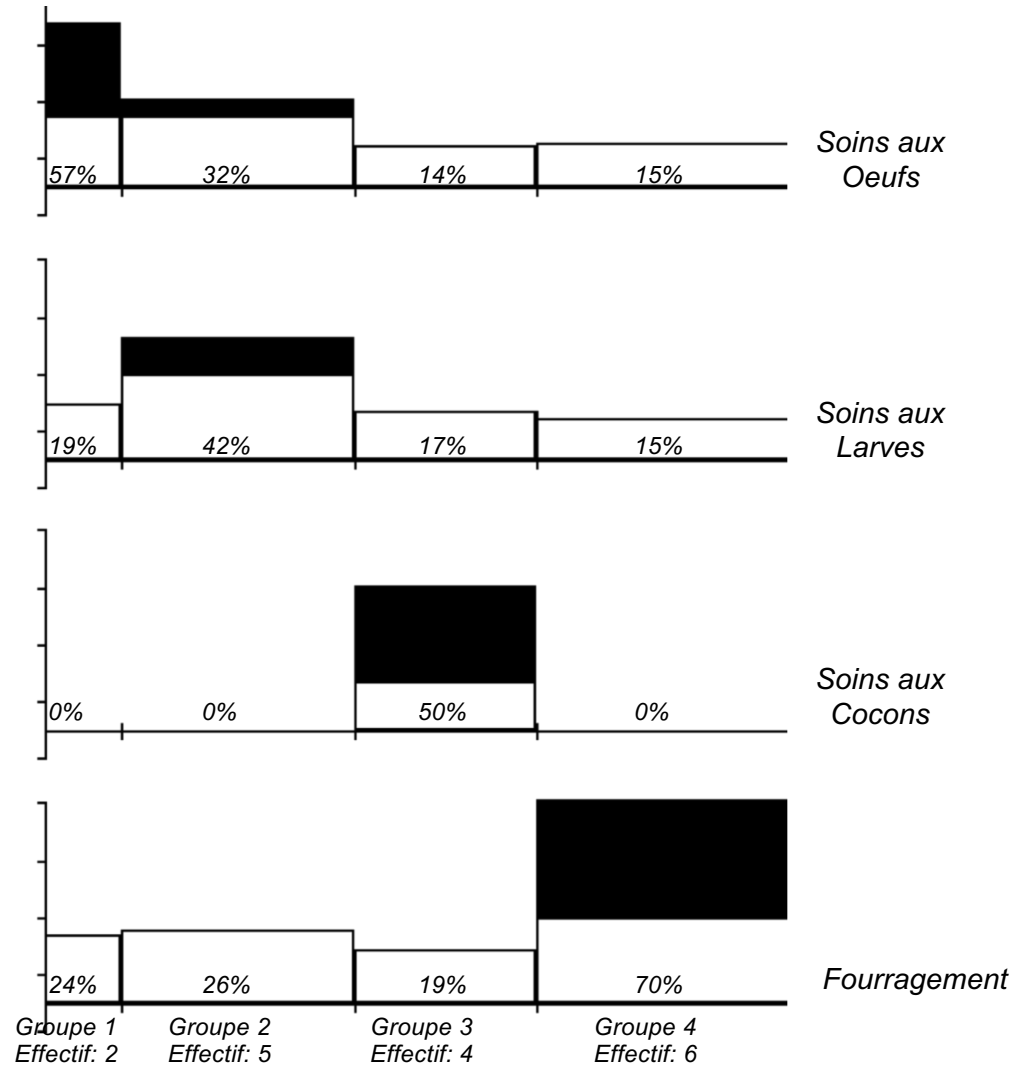
# Manta: sociogénèse



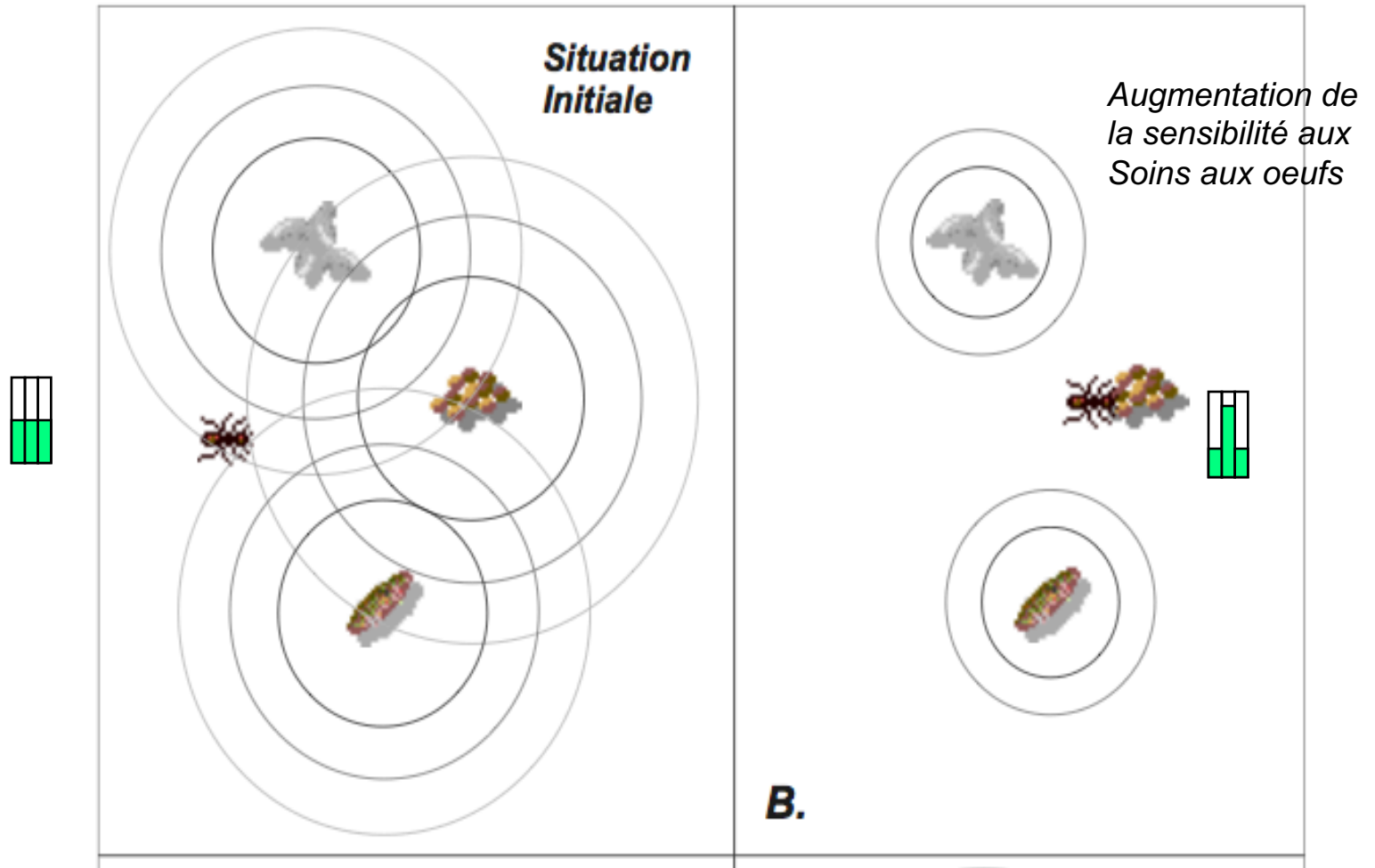
Expérience P\_4 (Exemple)

# Manta: division du travail

Répartition en groupes fonctionnels  
(exp. P\_5, 17 individus)

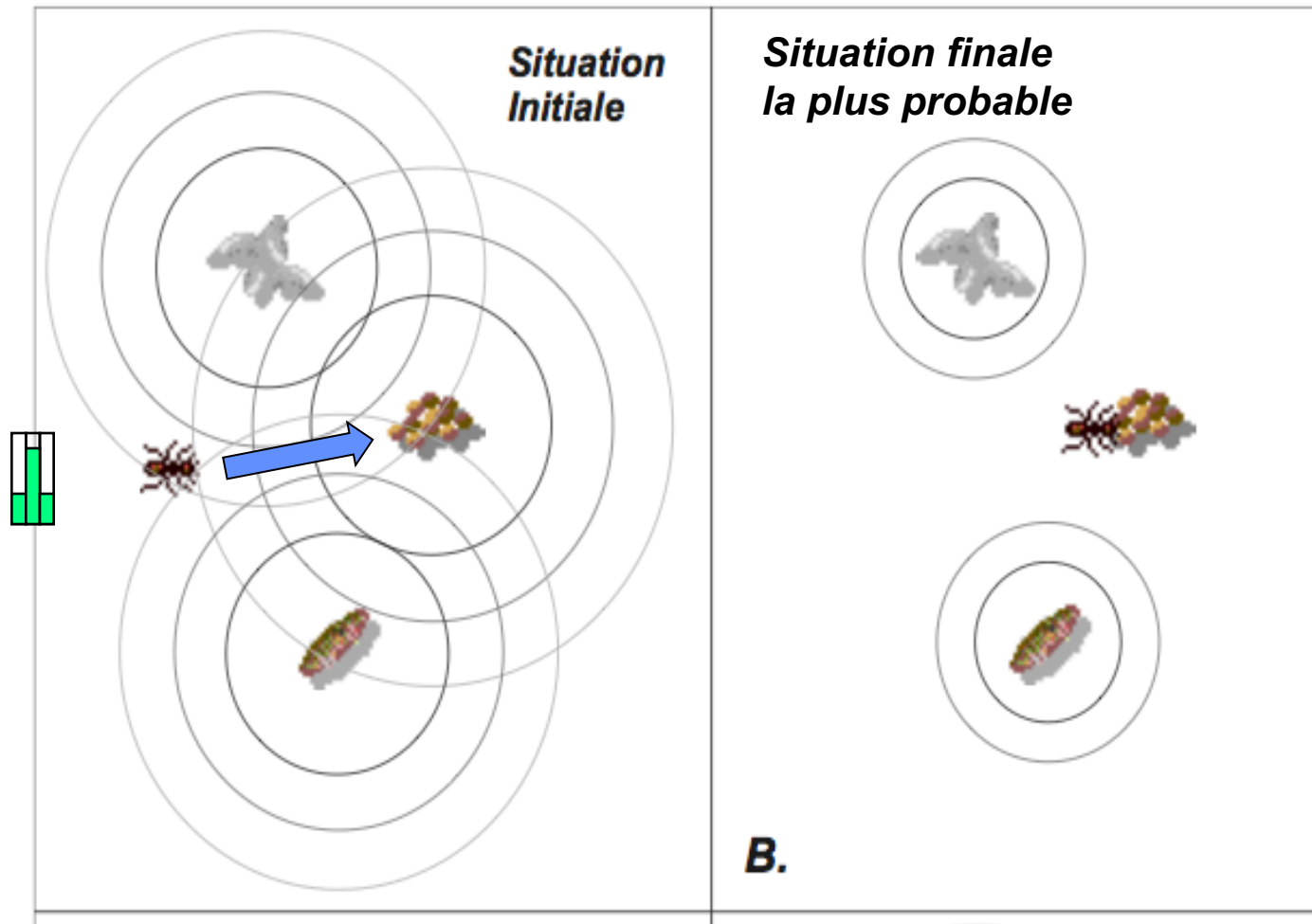


# Spécialisation #1



*Renforcement positif (spécialisation) de la tâche soins aux oeufs*

# Spécialisation #2

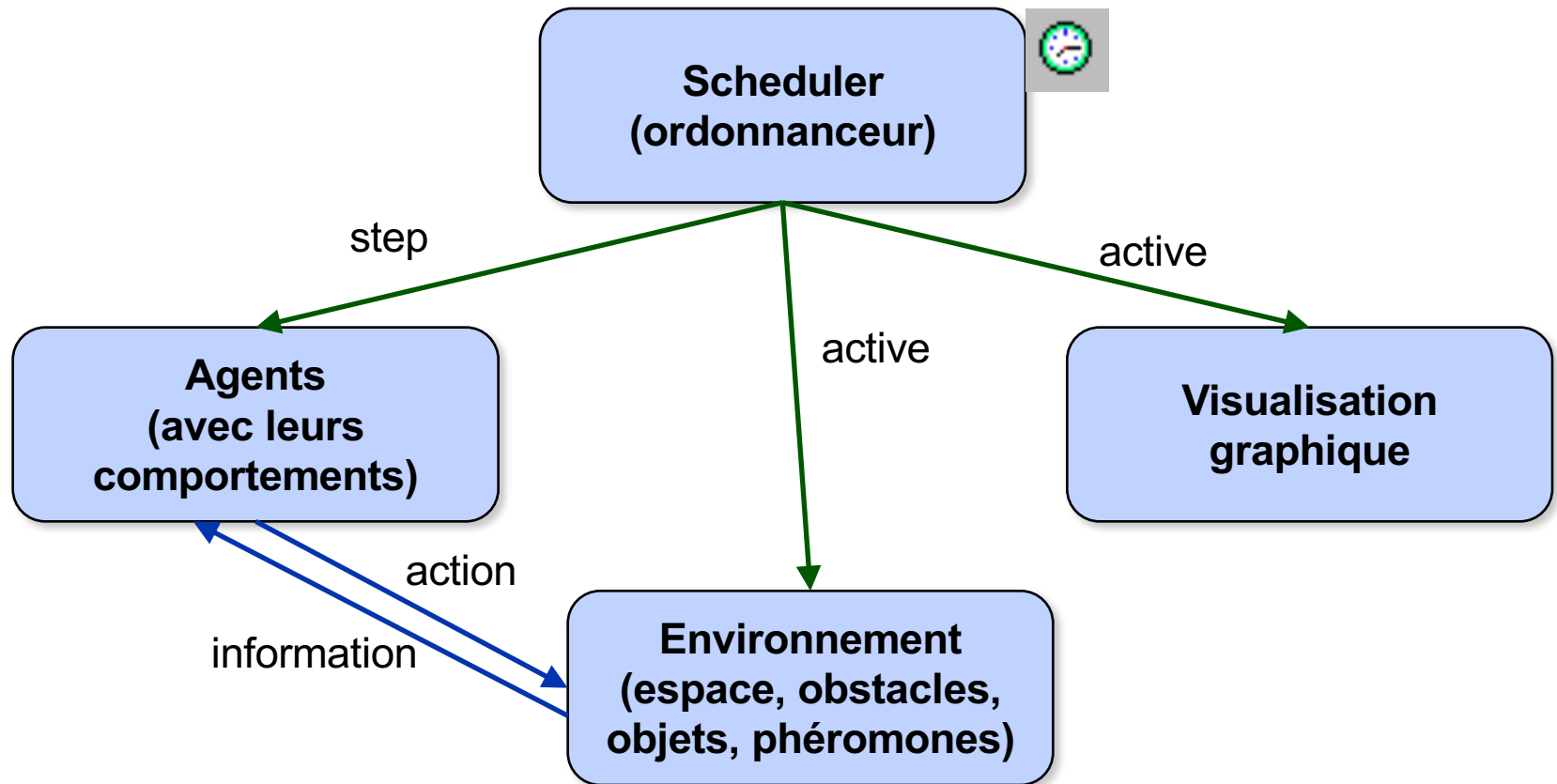


- ◆ **Système de marché : offre et demande**
  - Les fourmis spécialisées dans une tâche reprennent préférentiellement cette tâche
  - Si des fourmis manquent dans une spécialité, la demande augmente => des fourmis quittent leur spécialité pour répondre à la demande
- ◆ **Permet à la fois l'évolution, l'adaptation et la spécialisation**

- ◆ **Obtenue par un double processus de structuration (feedback positifs)**
- ◆ **Structuration du niveau "macro" par le niveau "micro":**
  - la spécialisation individuelle et la compétition inter-individuelle accentuent la différenciation des profils comportementaux et donc la création de groupes fonctionnels
- ◆ **Structuration du niveau "micro" par le niveau "macro":**
  - l'appartenance à un groupe confirme l'agent dans son profil comportemental, les tâches dans lesquelles il n'est pas spécialisé étant prises en charge par d'autres agents



# Architecture des moteurs de simulation



# Moteur standard: pas à pas

## Principe

1. Mettre à jour l'environnement  
(phéromones, diffus)
2. Pour tout a : agentList  
a.step() // activer l'agent sur un pas
3. Mettre à jour l'interface

## Et pour chaque agent : step

1. Percevoir:
  - Récupérer les infos de l'environnement
2. Délibérer
  - Prend en compte les perceptions, et la mémoire de l'agent
3. Action
  - Modification de l'environnement et/ou communication directe

# Moteur de simulation

*Classes de la structure générique d'un moteur de simulation*

