

La simulation multi-agent (partie 1)

Jacques Ferber

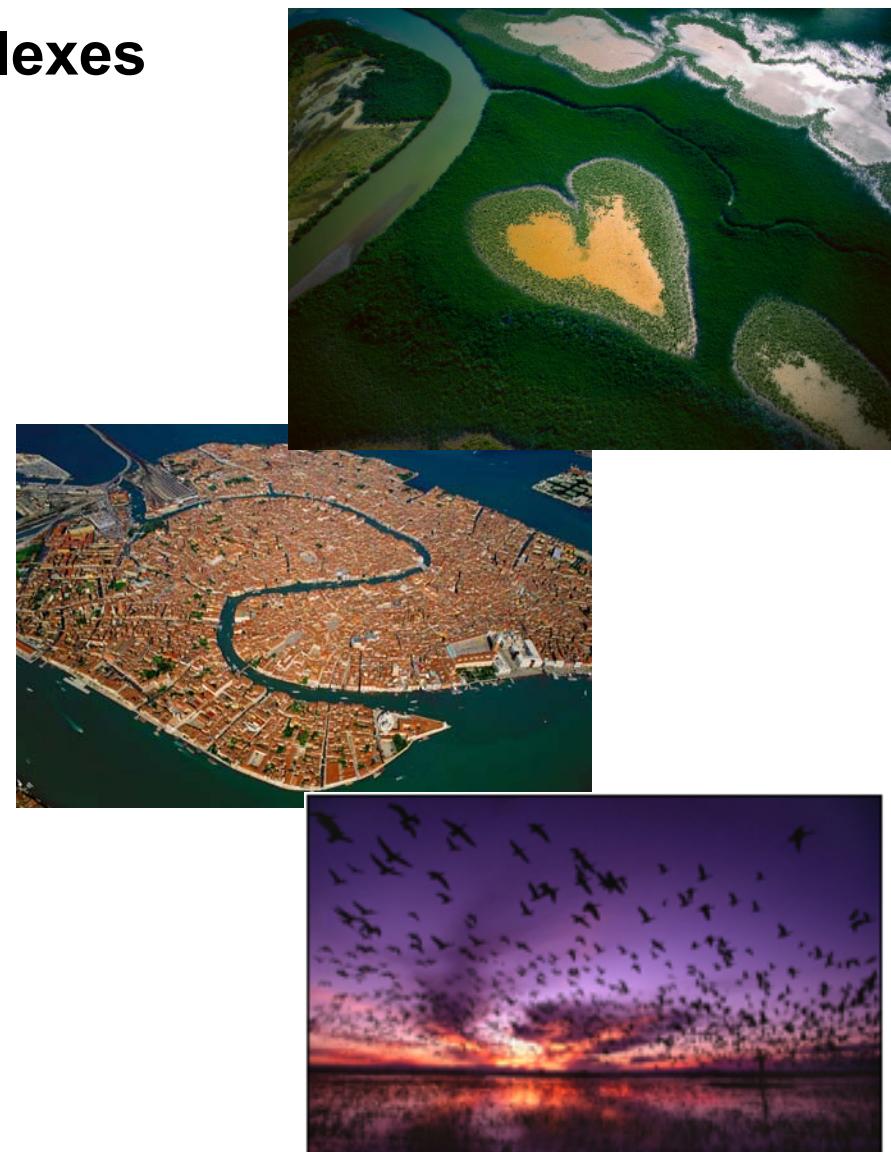
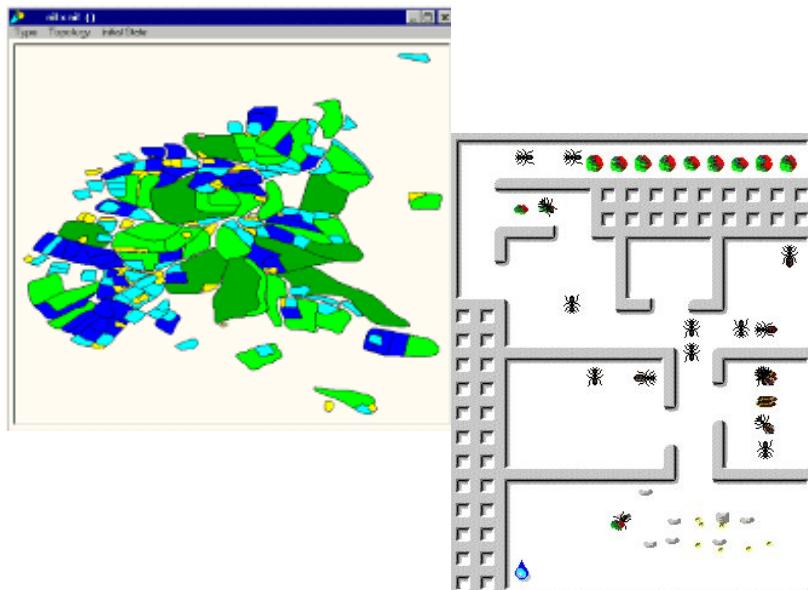
**LIRMM - Université Montpellier II
161 rue Ada
34292 Montpellier Cedex 5**

**Email: ferber@lirmm.fr
Home page: 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)



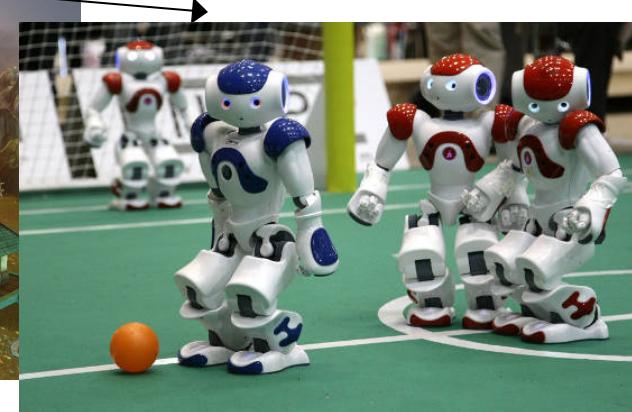
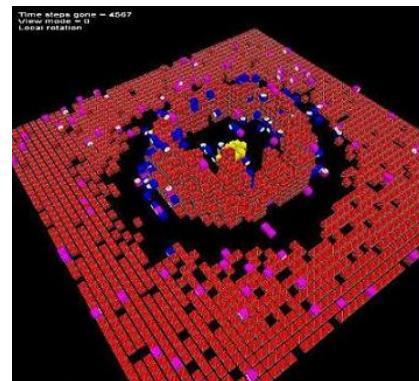
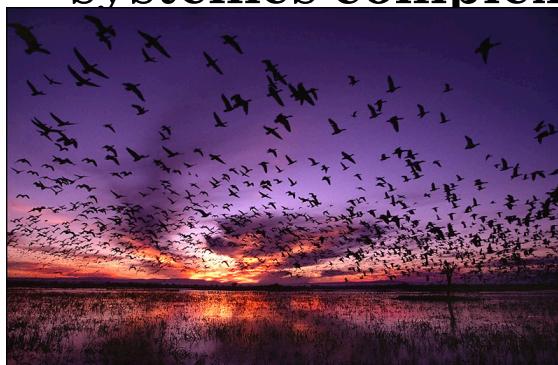
- ◆ La robotique collective



- ◆ Les jeux video (intelligence des caractères)



- ◆ La simulation de systèmes complexe

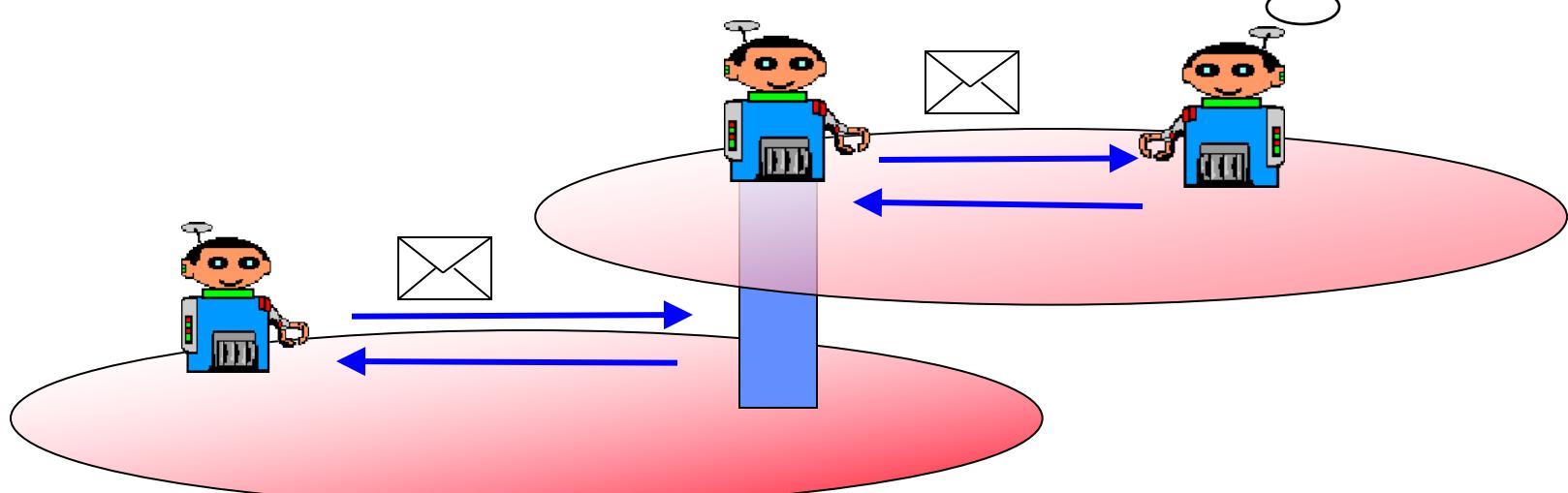
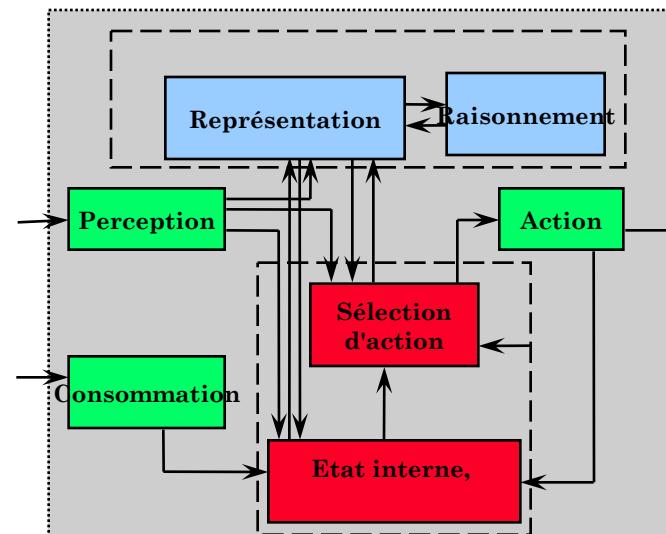


Nao, robot, ici jouant à la Robot Cup

La programmation orientée agent

◆ Agent = objet +

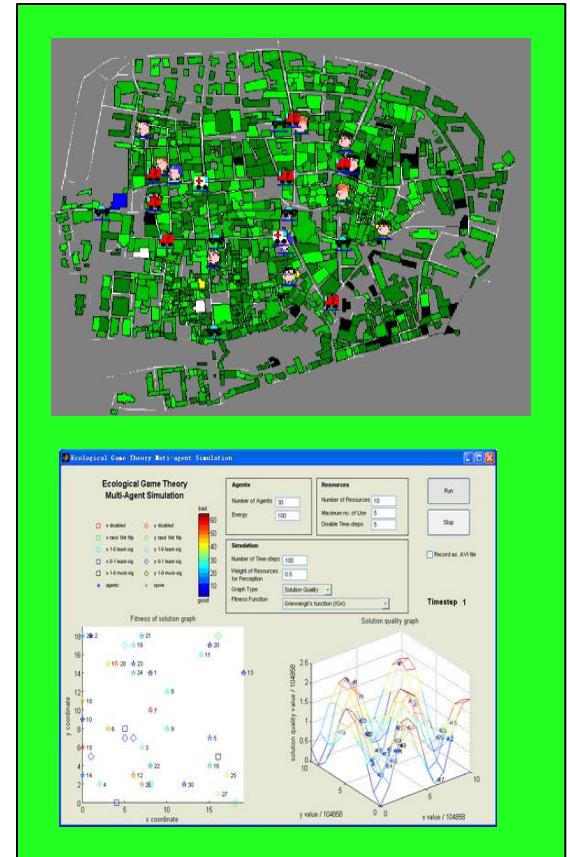
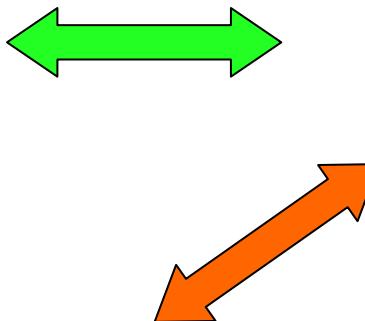
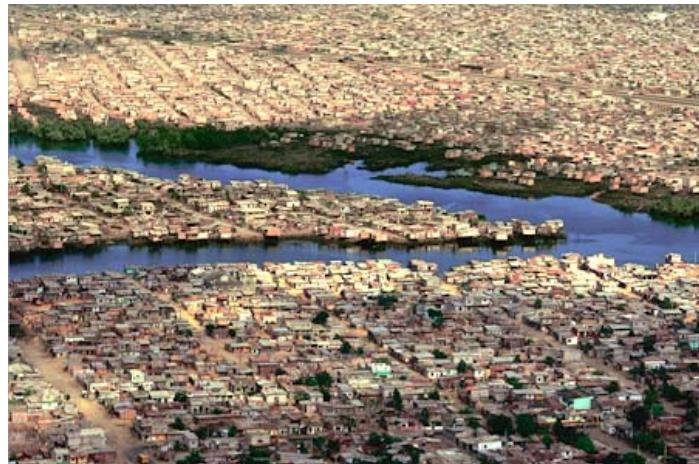
- Distribution (P2P)
- Envoi de messages asynchrones
- Autonomie d'exécution (thread)
- Perception/action
- Autonomie de décision
- Organisation = un agent joue des rôles dans des groupes



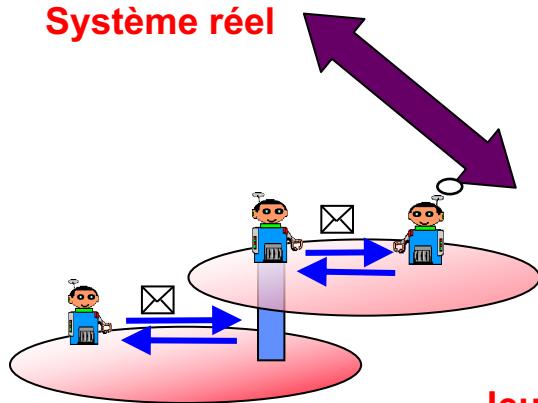
Processus de modélisation

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

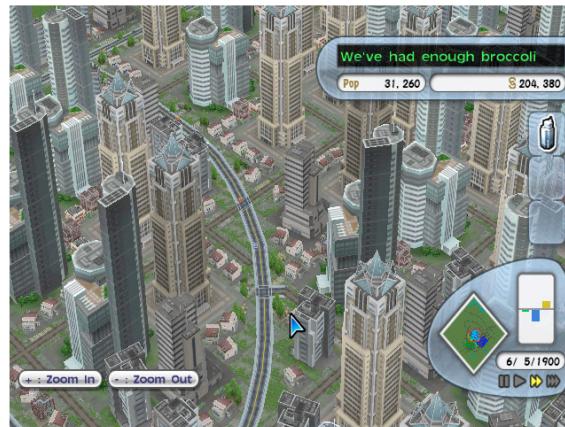
Simulation



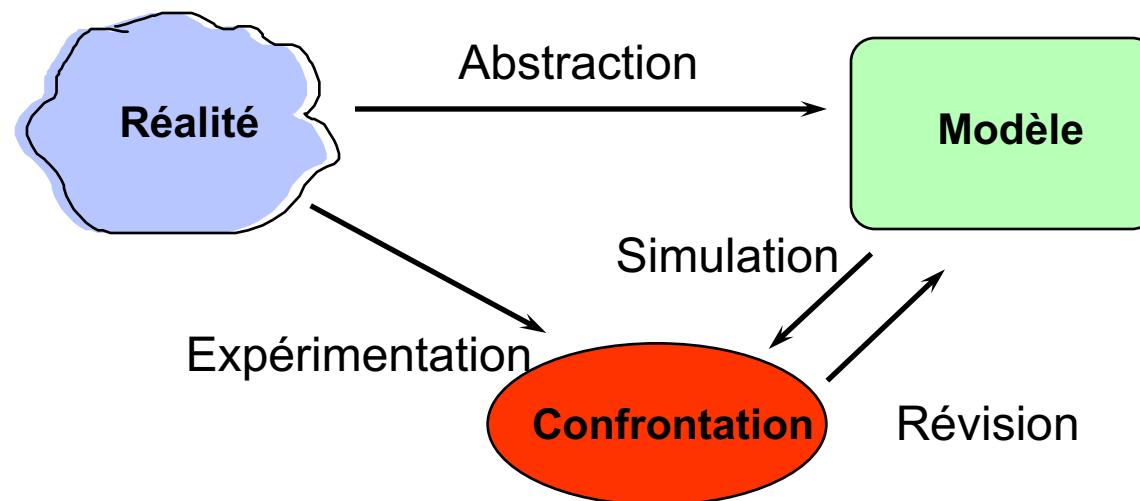
Système réel



Jeu



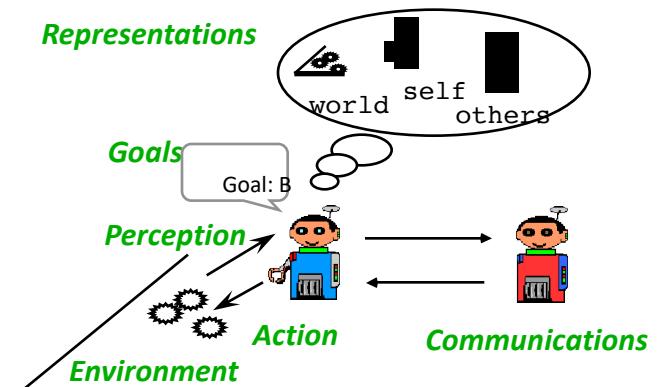
- **Simuler = reproduire un phénomène afin de**
 - ☞ Tester des hypothèses permettant d'expliquer le phénomène (définition d'un modèle)
 - ☞ Prévoir l'évolution du phénomène



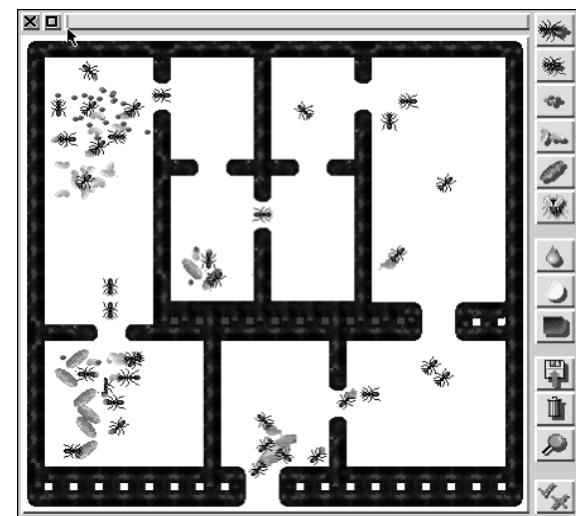
de la métaphore au modèle



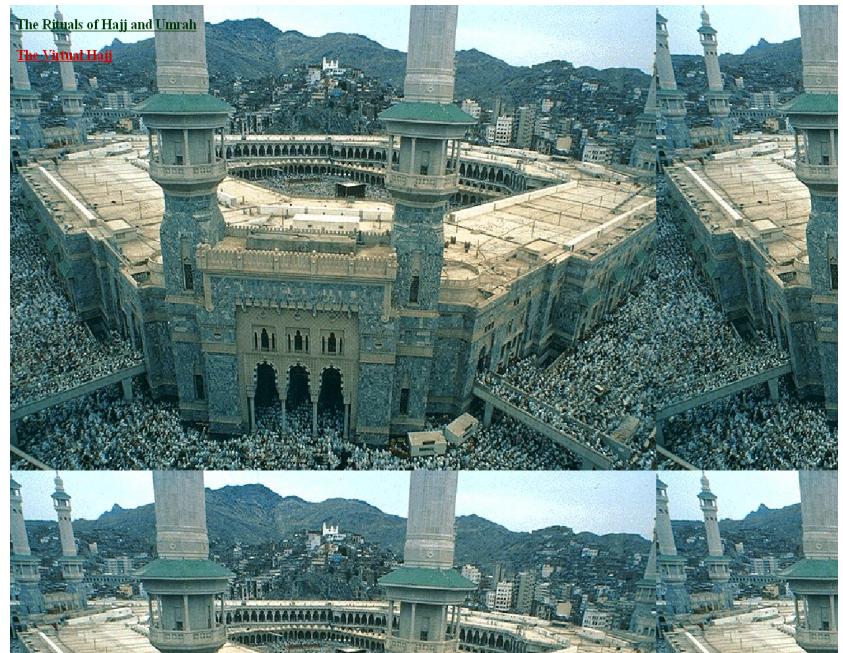
Modeling and
simulation



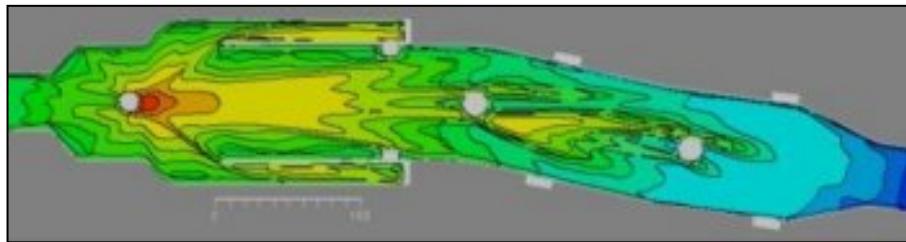
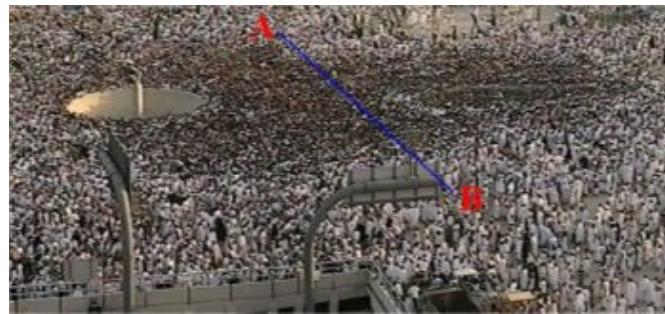
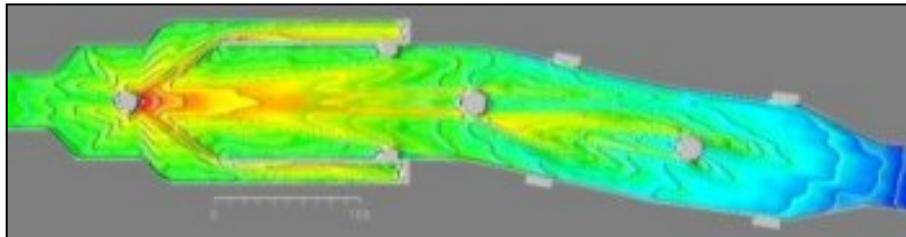
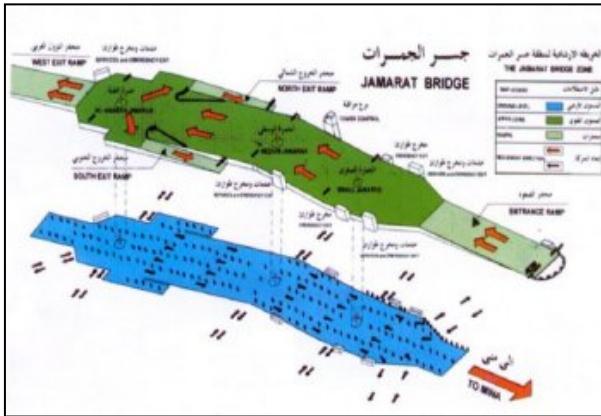
Design
simulators



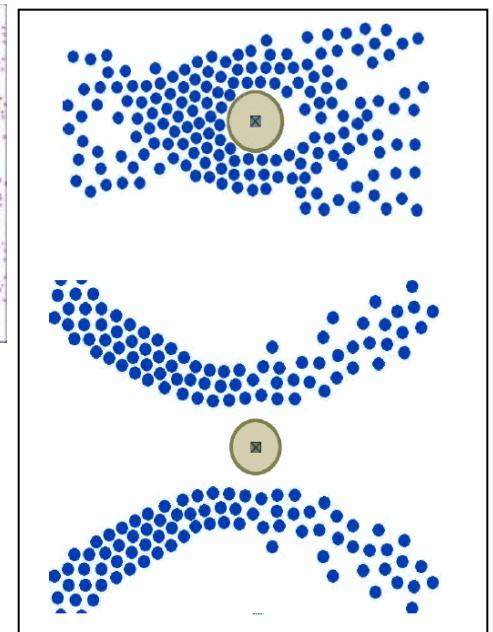
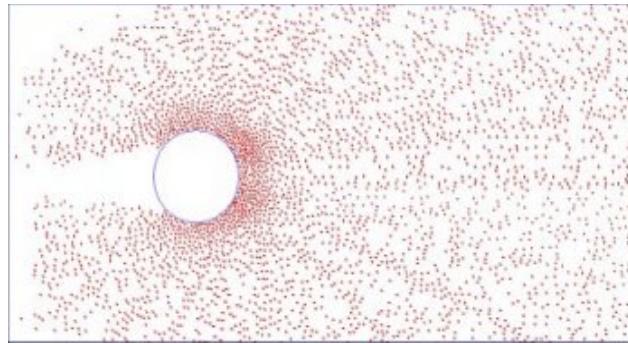
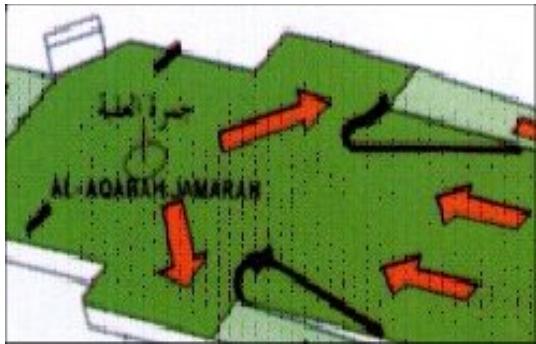
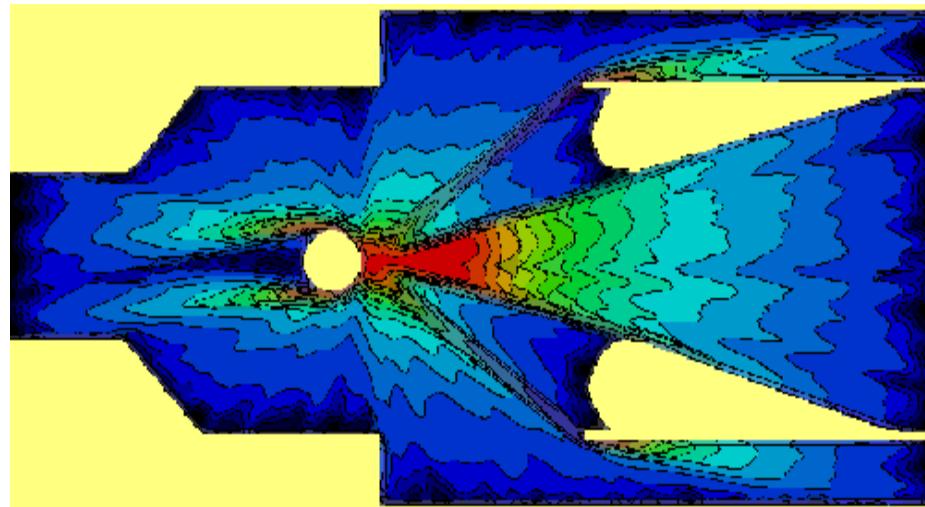
Mouvements de foule



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:

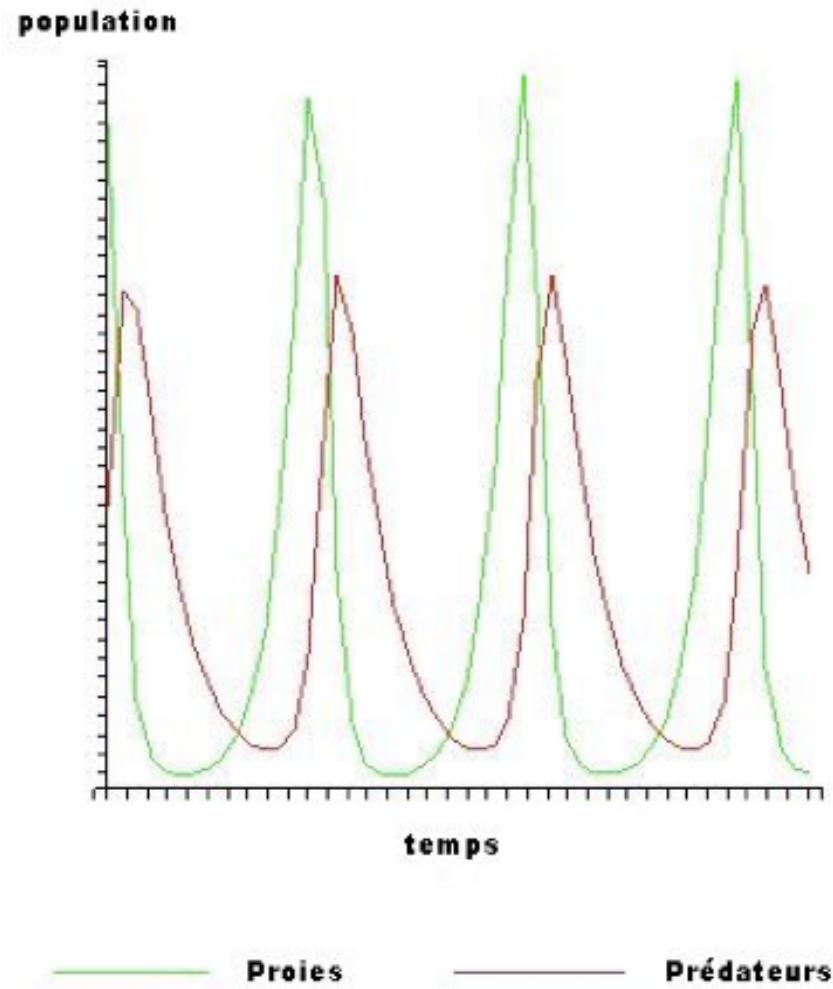
[Lokta 25]

[Volterra 26]

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

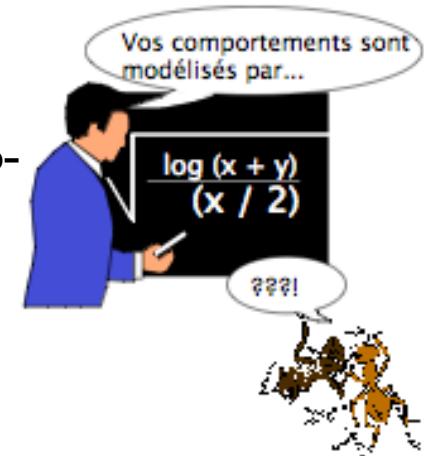
$$\frac{dy}{dt} = c kxy - dy,$$

- **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 fourragement chez les fourmis, spécialisation, hiérarchies sociales)



◆ **Modèles orientés agents**

◆ **Premiers travaux début des années 90**

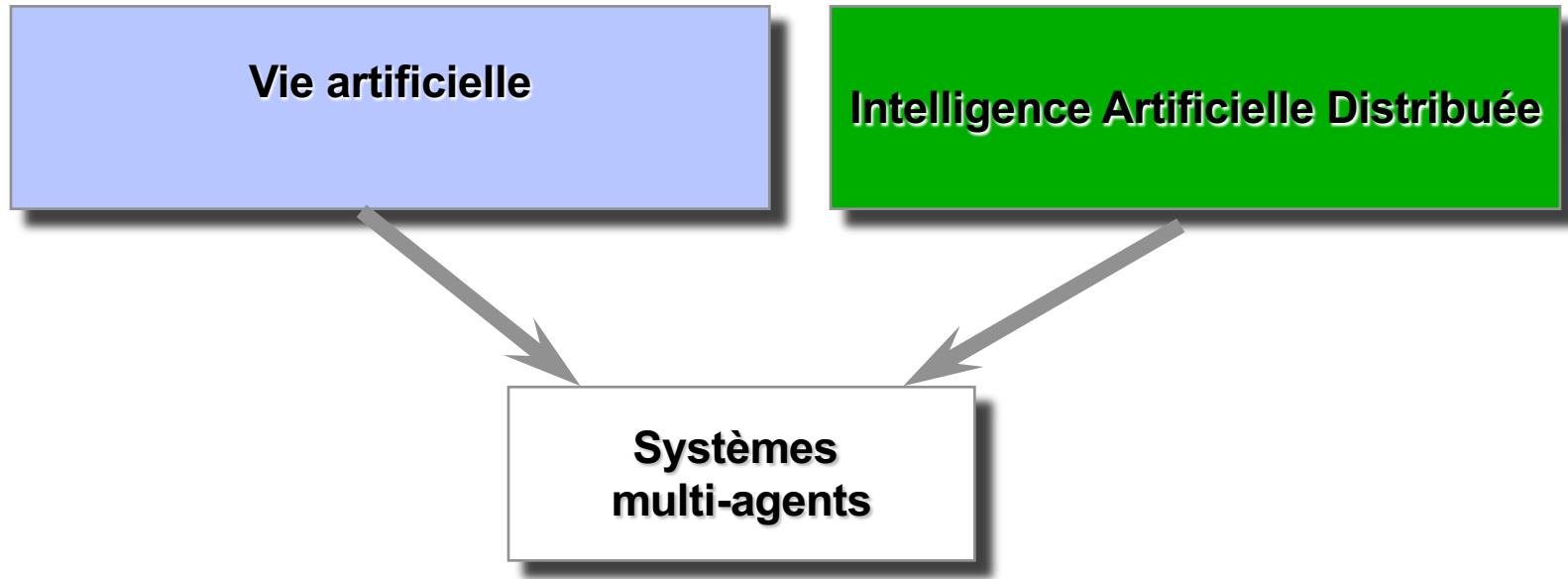
- A pris un développement considérable à partir de 2004-2005 jusqu'à aujourd'hui

◆ **Revues:**

- 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*

Systèmes 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

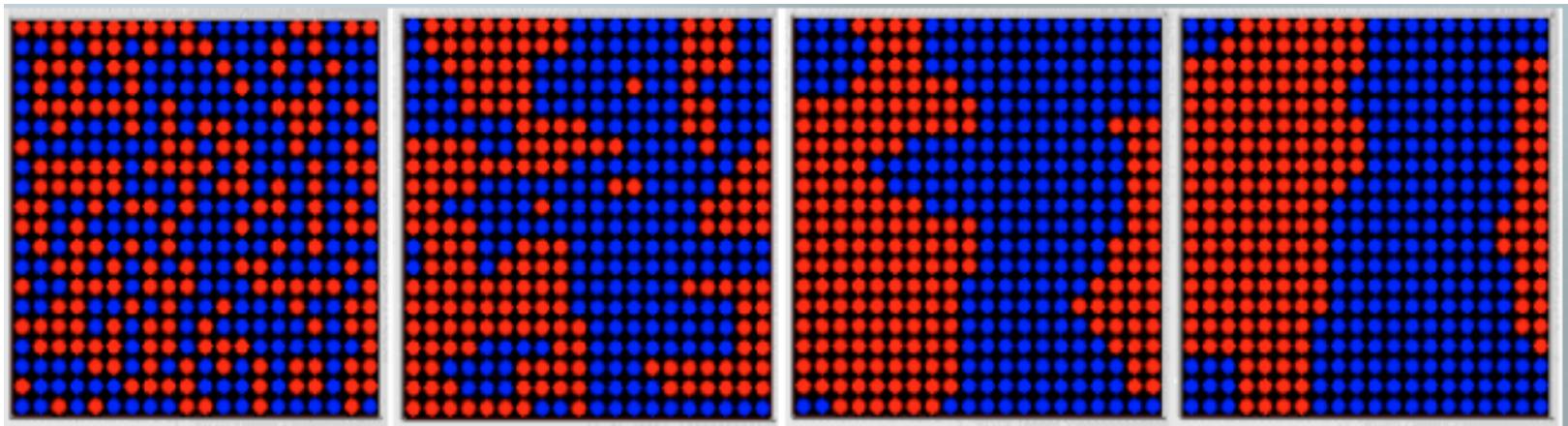
- ◆ **La ségrégation spatiale de Schelling**
- ◆ **Mouvements de foules**
- ◆ **Manta: organisation sociale des fourmis**
- ◆ **Autres...**

Ségrégation Spatiale de Schelling

◆ Thomas Schelling 1971

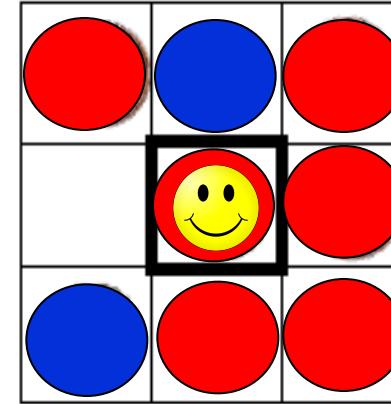
- Etude de la ségrégation raciale, et en particulier des ghettos urbains.
- Idées initiales: la ségrégation est une fonction des dominants qui empêchent les autres de venir près d'eux.
 - ☞ Il y a une volonté de créer ces ghettos

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



◆ Reste (heureux)

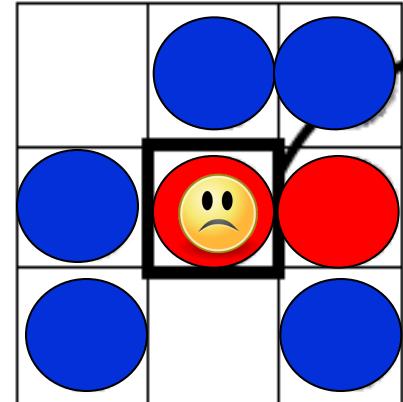
- si voisins semblables à moi > 1/3



◆ Bouge (malheureux)

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

Voir demo en NetLogo



Application des simulation multi-agents

- ◆ **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

Projet Manta

PARIS VI
LAFORIA

Alexis Drogoul
J. Ferber
(Steffen Lalande)

PARIS XIII
Labo d'Ethologie

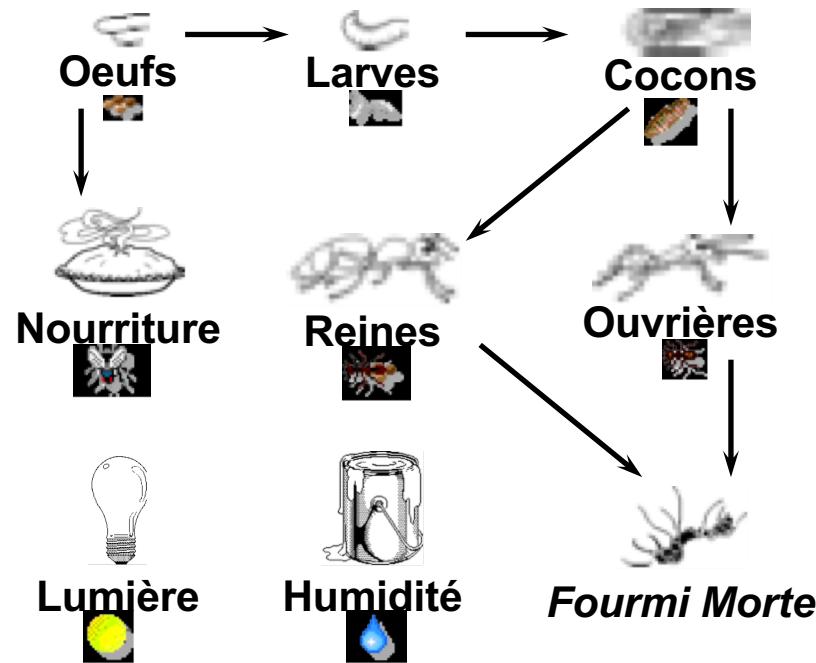
Dominique Fresneau
Bruno Corbara

M₁A₂N₃T₄A₅

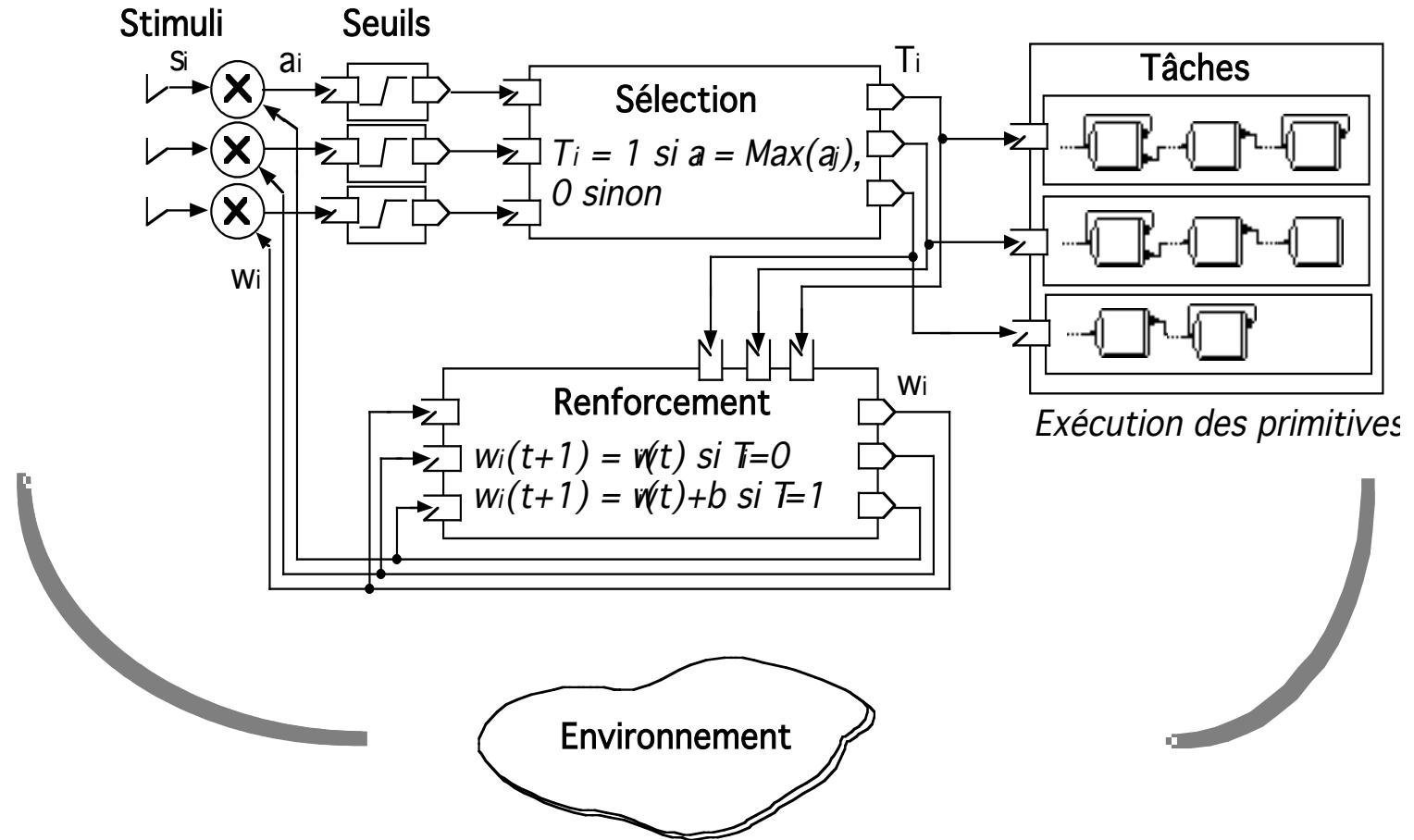
**Modélisation comportementale d'une
société de fourmis *Ectatomma ruidum*
et l'étude de l'émergence de structures
sociales au sein d'une colonie**



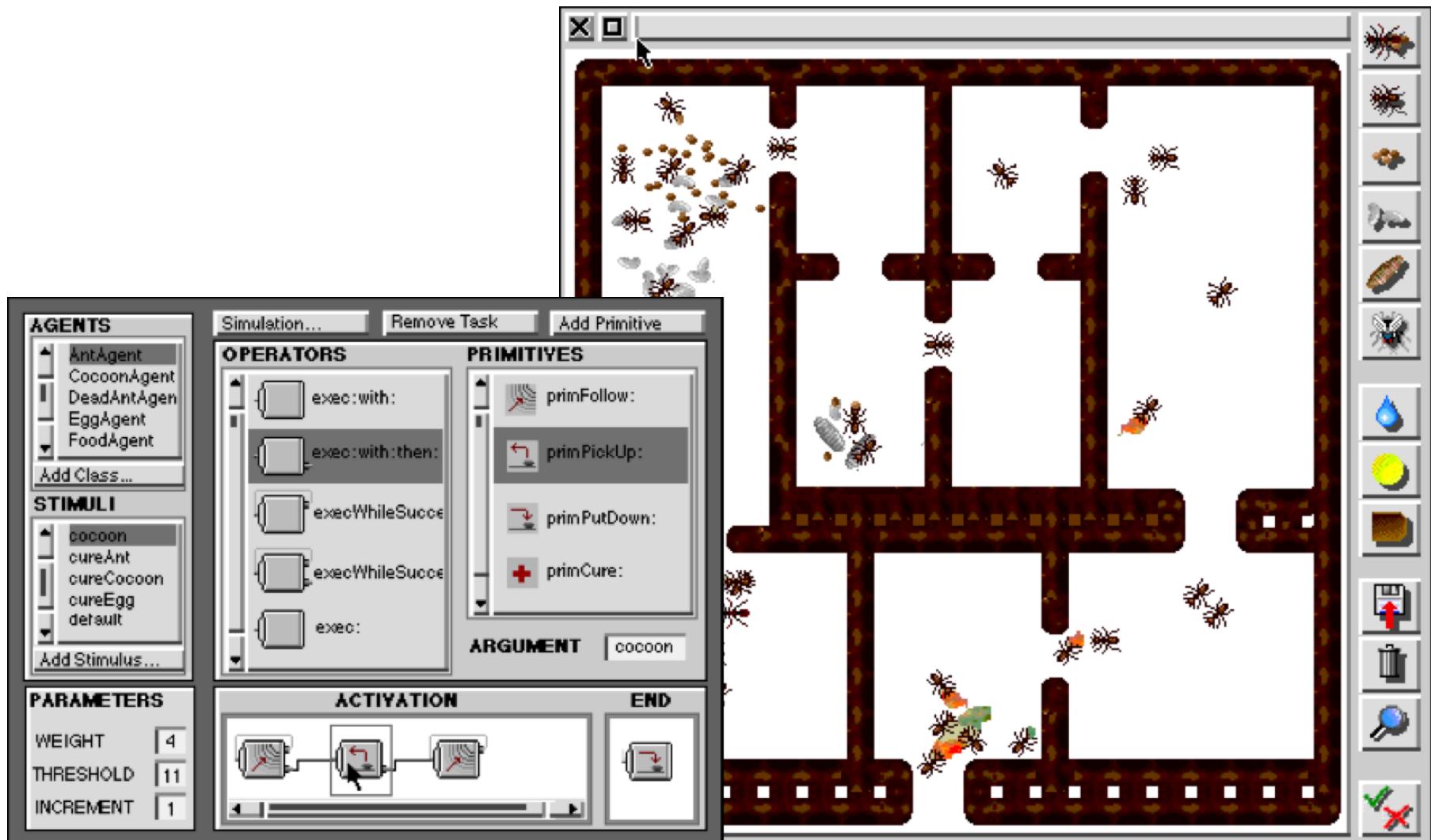
Les agents Manta



Le comportement des agents



Manta: le laboratoire virtuel

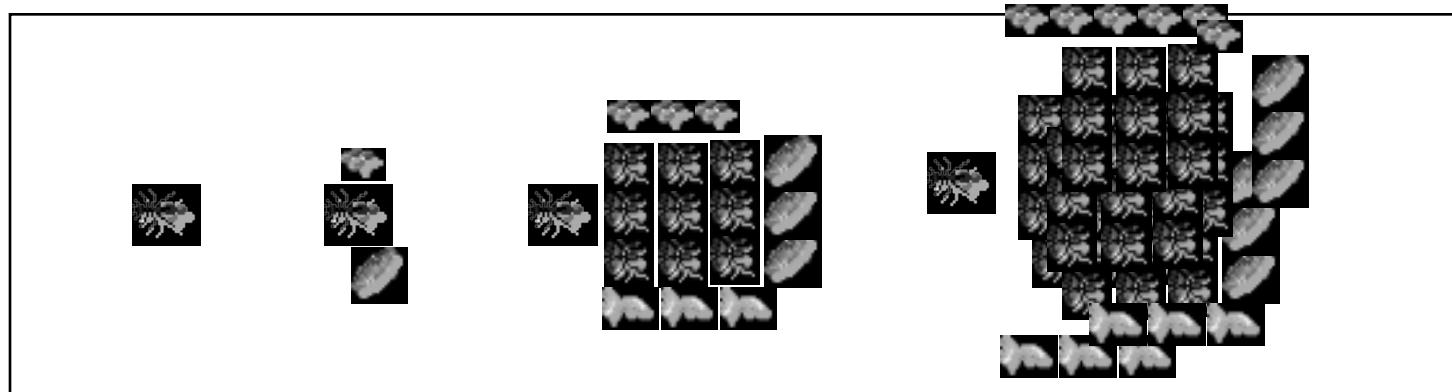


Quelques comportements

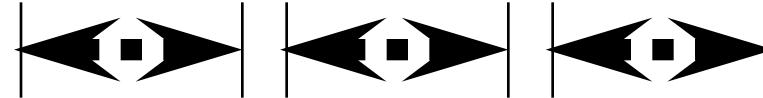
Propagateur	Stimulus	Séquence de Primitives	Interruption
	egg		
	cure Egg		
	larva		
	cure Larva		
	hungry Larva		
	maturing Larva		
	cocoon		
	cure Cocoon		
	cure Ant		
	hungry Ant		
	killEgg		
	kill Larva		
	food		
	light		

Manta: expériences

Dynamique Démographique



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

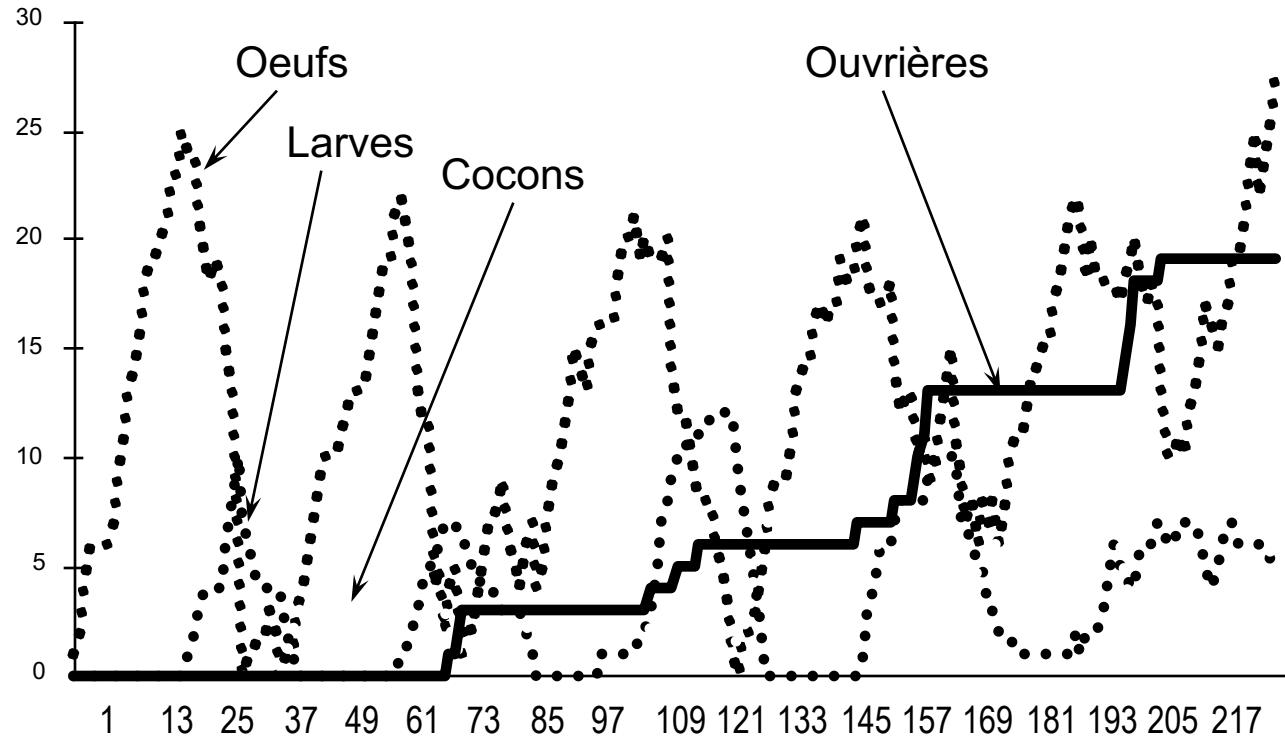


➤ Evolution de l'Organisation

➤ Evolution avec Restriction de la Nourriture

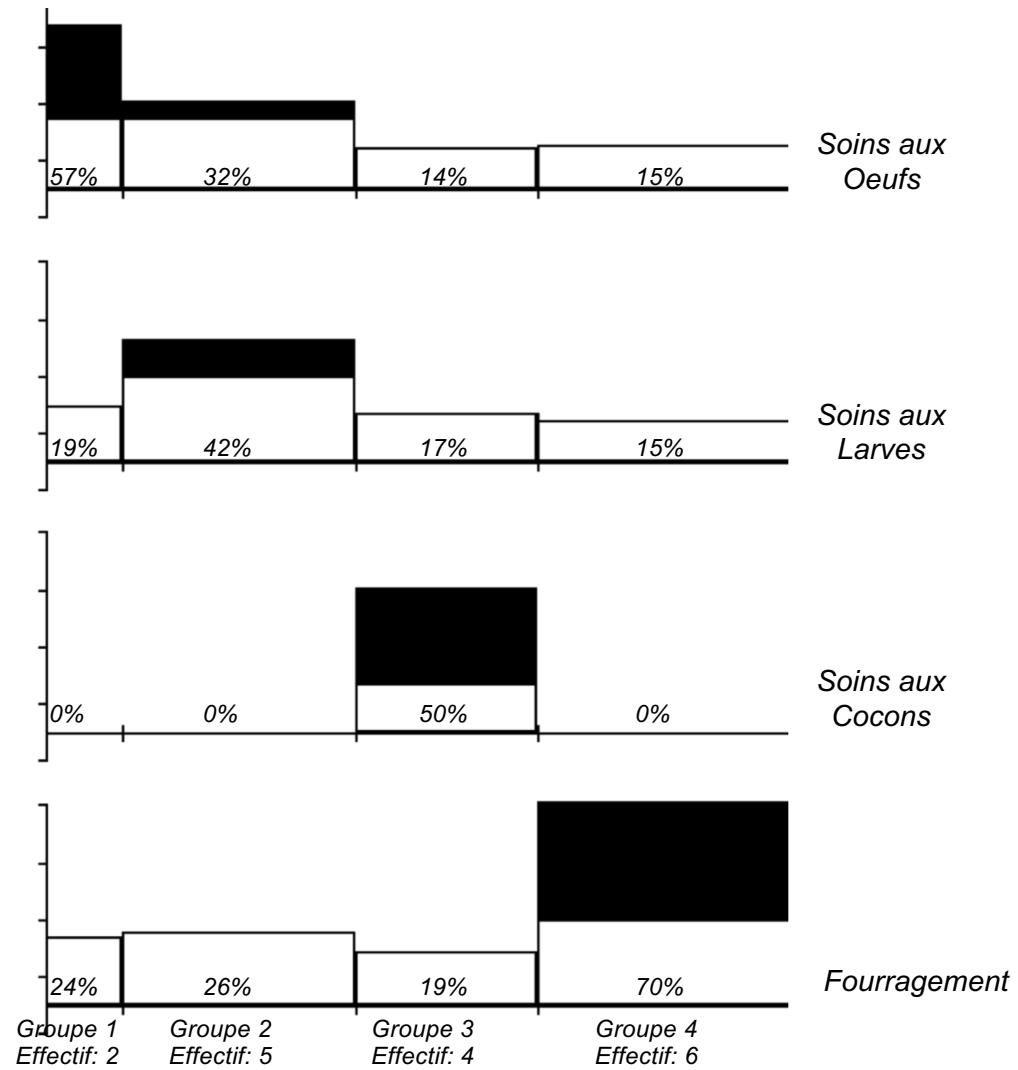
➤ Evolution Polygyne (plusieurs reines)

Manta: sociogénèse

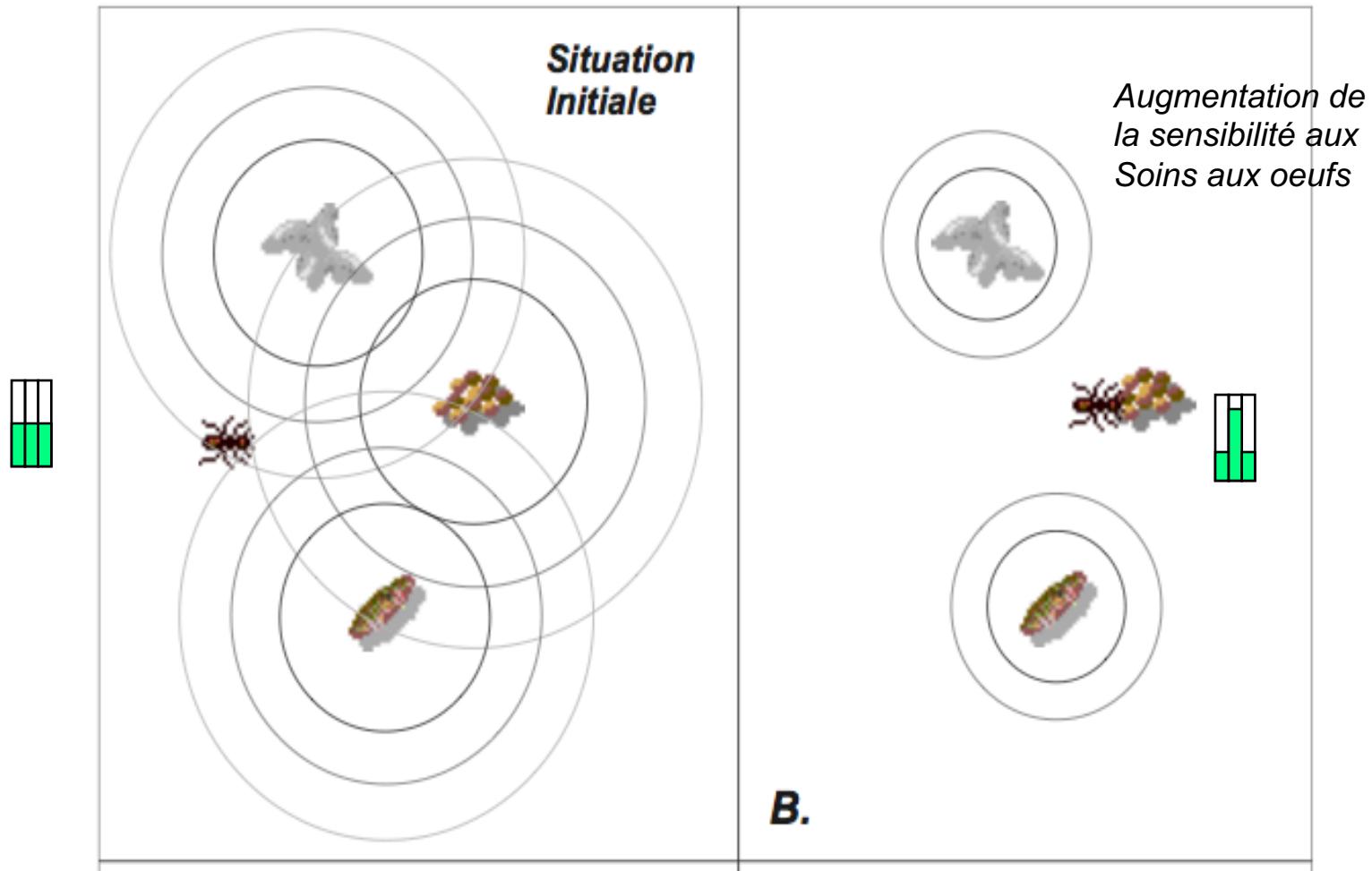


Expérience P_4 (Exemple)

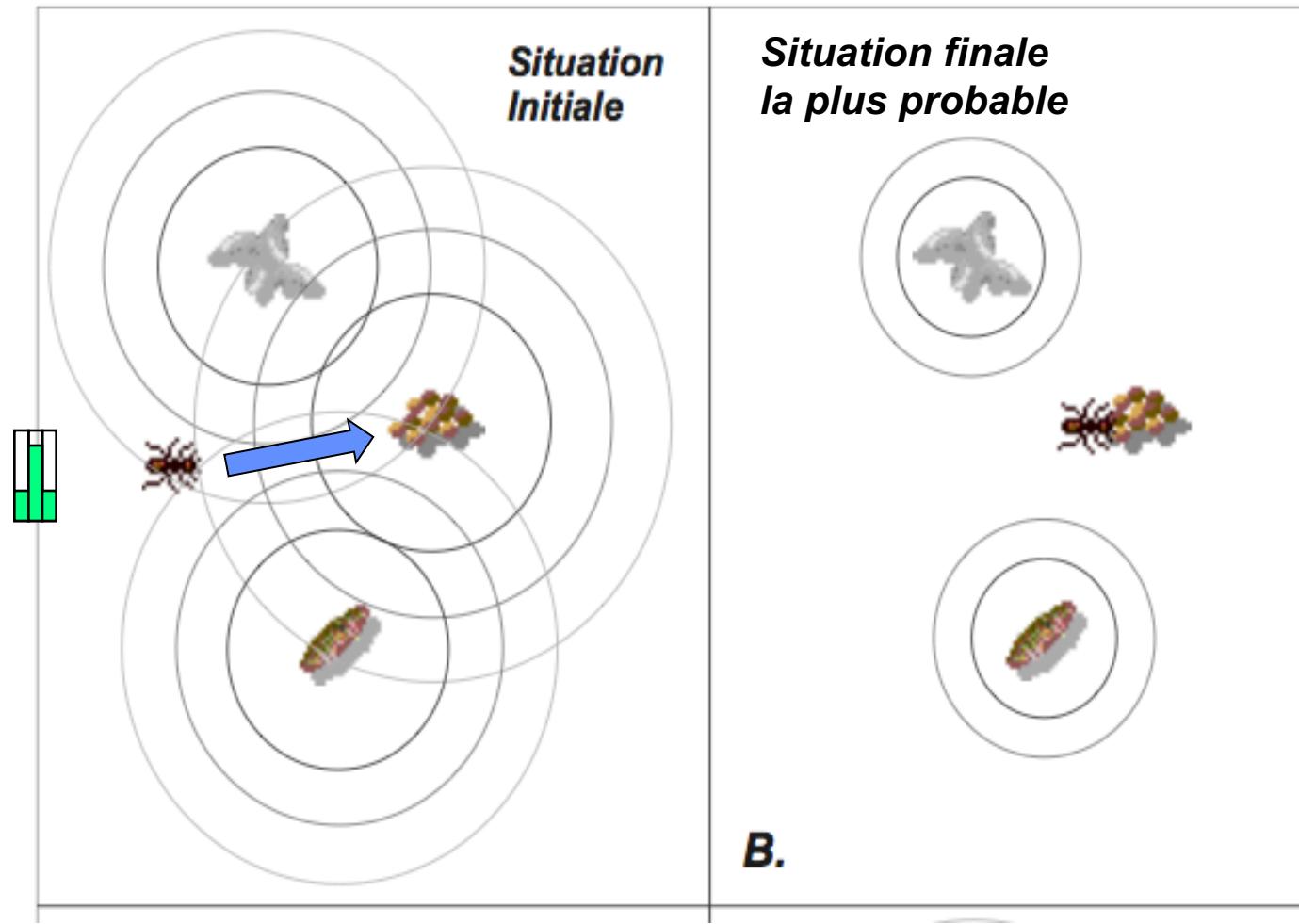
Répartition en groupes fonctionnels (exp. P_5, 17 individus)



Spécialisation #1



Spécialisation #2



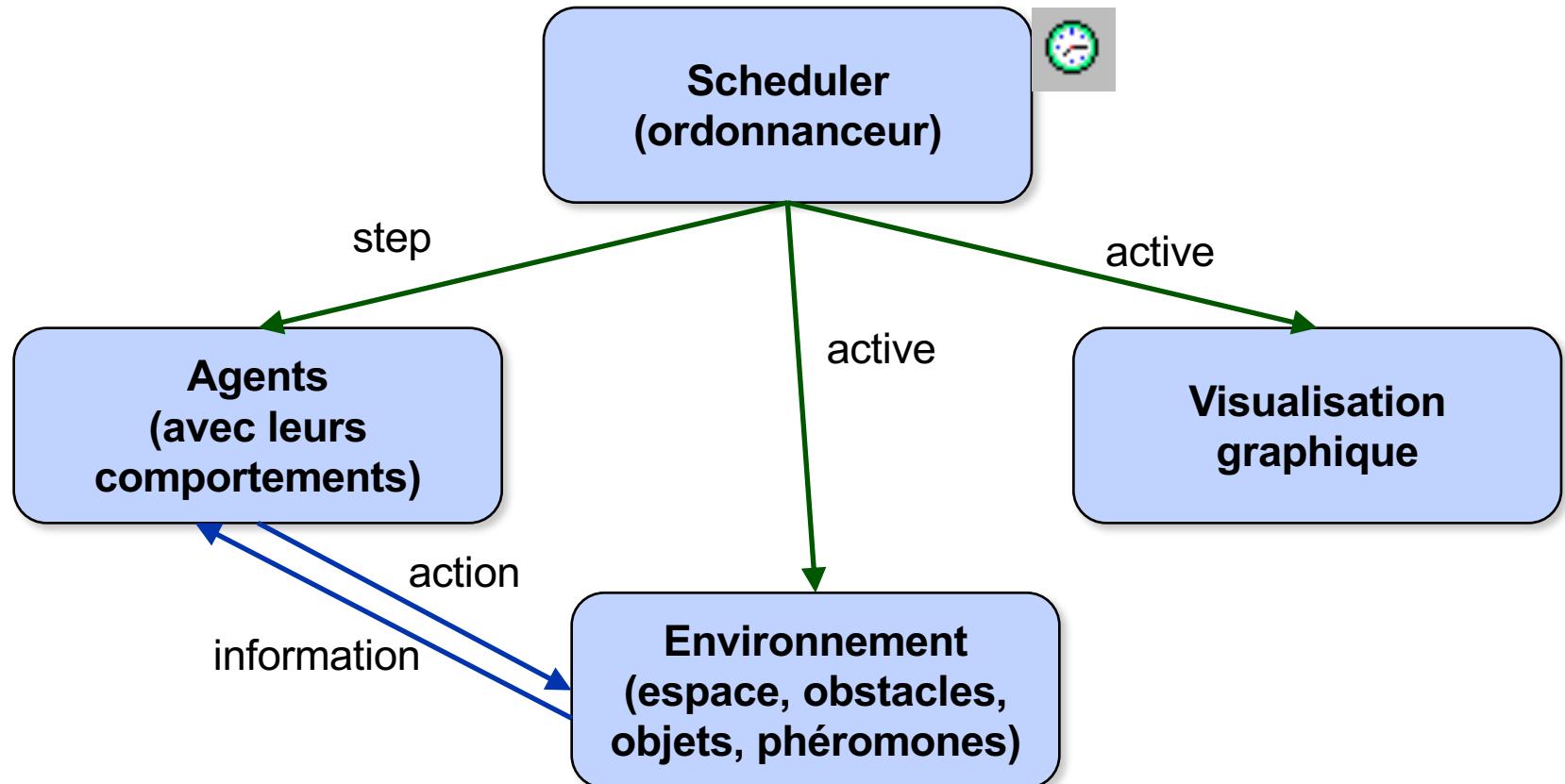
◆ Système de marché : offre et demande

- 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 $a : \text{agentList}$
 $a.step()$ // 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

