

# Introduction à la simulation Multi-Agents



# Niveau d'étude

- Échelle...

Population

Groupe

Individu

- Agent =  
Simulation  
individu  
centrée

Systèmes

Organes

Cellules

# Agent informatique



- **Objet : attributs + méthodes**
- **Acteur : un objet autonome qui peut fonctionner de manière concurrente avec d'autres...**
- **Agent : un acteur qui possède des objectifs qui le font agir et qui interagit en société avec d'autres agents**
  - **Comportement social**
  - **Souvent un objectif commun**

# Agents cognitifs... (IAD – DIA)

- Chaque agent est considéré comme un système expert d'où la cognition qui sert de guide à ses actions. Dans ce cadre, le système multi-agent est composé d'un petit nombre d'agents, où chaque agent dispose d'une base de connaissance comprenant l'ensemble des informations et le savoir-faire nécessaires à la réalisation de ses tâches et à la gestion des interactions avec les autres agents et avec l'environnement.

# Agents réactifs

- Les agents réactifs, contrairement aux cognitifs, n'ont pas une intelligence individuelle. Les agents réactifs possèdent des mécanismes simples de réaction aux événements. Ils ont parfois un objectif, mais ils n'ont aucune planification de la manière dont on peut arriver aux objectifs. Son mode de fonctionnement est basé sur une fonction du type  $f(\text{stimulus}) \rightarrow \text{réponse}$ , avec stimulus  $f(\text{environnement, autres agents})$
- Dans ce contexte un SMA comporte en général un grand nombre d'agents.

# Autres catégories... (1/2)

- La division cognitif / réactif est parfois trop simpliste. Ferber présente une meilleure classification [Ferber 1995-99].
- Un **agent intentionnel**, appelé par d'autres auteurs « **agent délibératif** » ou « **rationnel** », est un type d'agent cognitif qui possède explicitement des buts motivant ses actions. Ils sont alors capables de concevoir des plans et de prévoir des réactions possibles à leurs actions en vue d'accomplir ses buts.
- Les **agents modules** caractérisent un autre type d'agent cognitif, mais contrairement à ces derniers, ceux-ci **n'ont pas des buts explicites**. On pourrait dire alors qu'ils n'agissent qu'à travers des réflexes, lorsqu'un autre agent l'active.
- Les agents réactifs dirigés par des mécanismes de motivation qui les poussent à accomplir certaines tâches sont qualifiés **d'agents pulsionnels**.

# Autres catégories... (2/2)

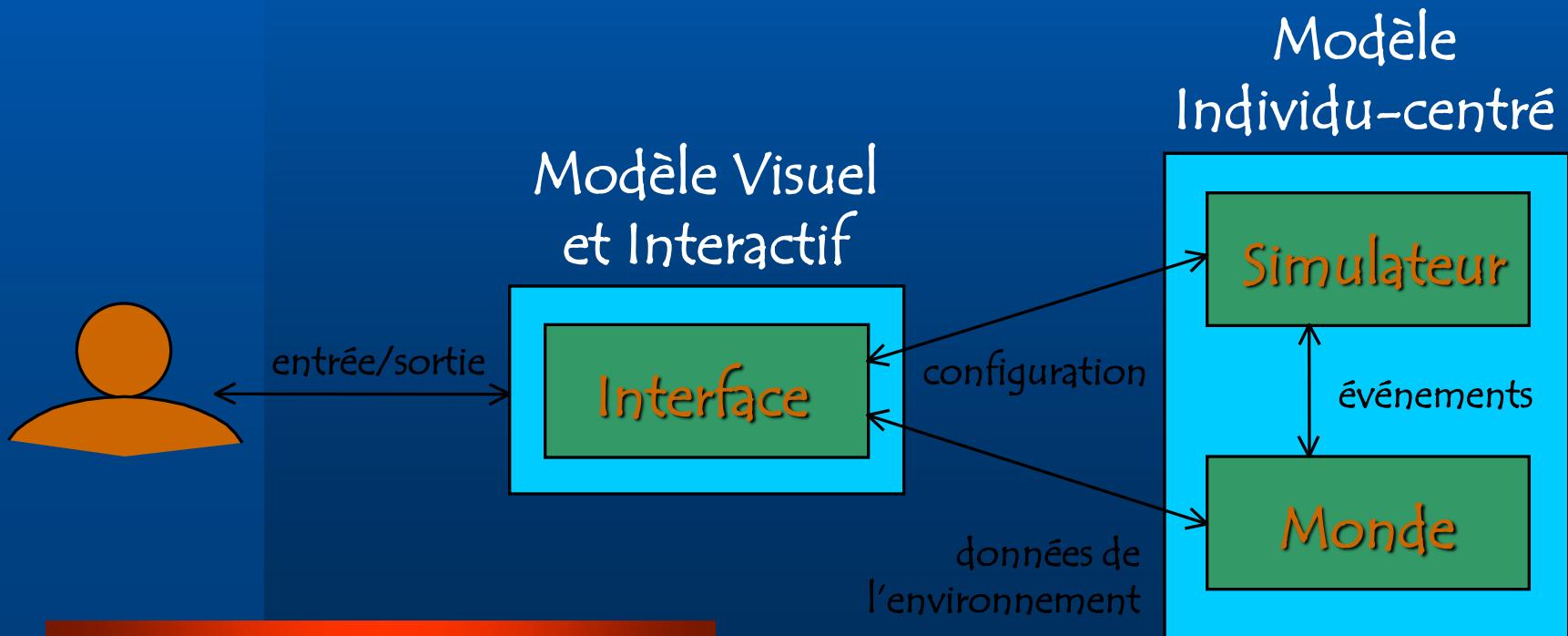
- Contrairement aux agents pulsionnels, les agents réactifs qui n'ont pas un but précis pour les diriger sont connus comme des **agents tropiques**. Le comportement de ces derniers est guidé intégralement par l'état local de l'environnement où ils sont plongés, c'est-à-dire ils n'ont même pas un état interne dont ils pourraient éventuellement se servir. Il est possible de modéliser des comportements relativement complexe en utilisant l'environnement comme repère et mémoire.
- Enfin, les **agents hystérétiques** diffèrent des agents tropiques par le fait qu'ils possèdent la capacité de conserver des informations, et donc d'avoir de la mémoire. Pour un tel agent, les actions ne sont pas prises seulement en fonction de sa perception de l'environnement mais aussi des expériences passées. Ces expériences sont en effet caractérisée par l'état de l'agent.

# Disciplines informatiques concernées

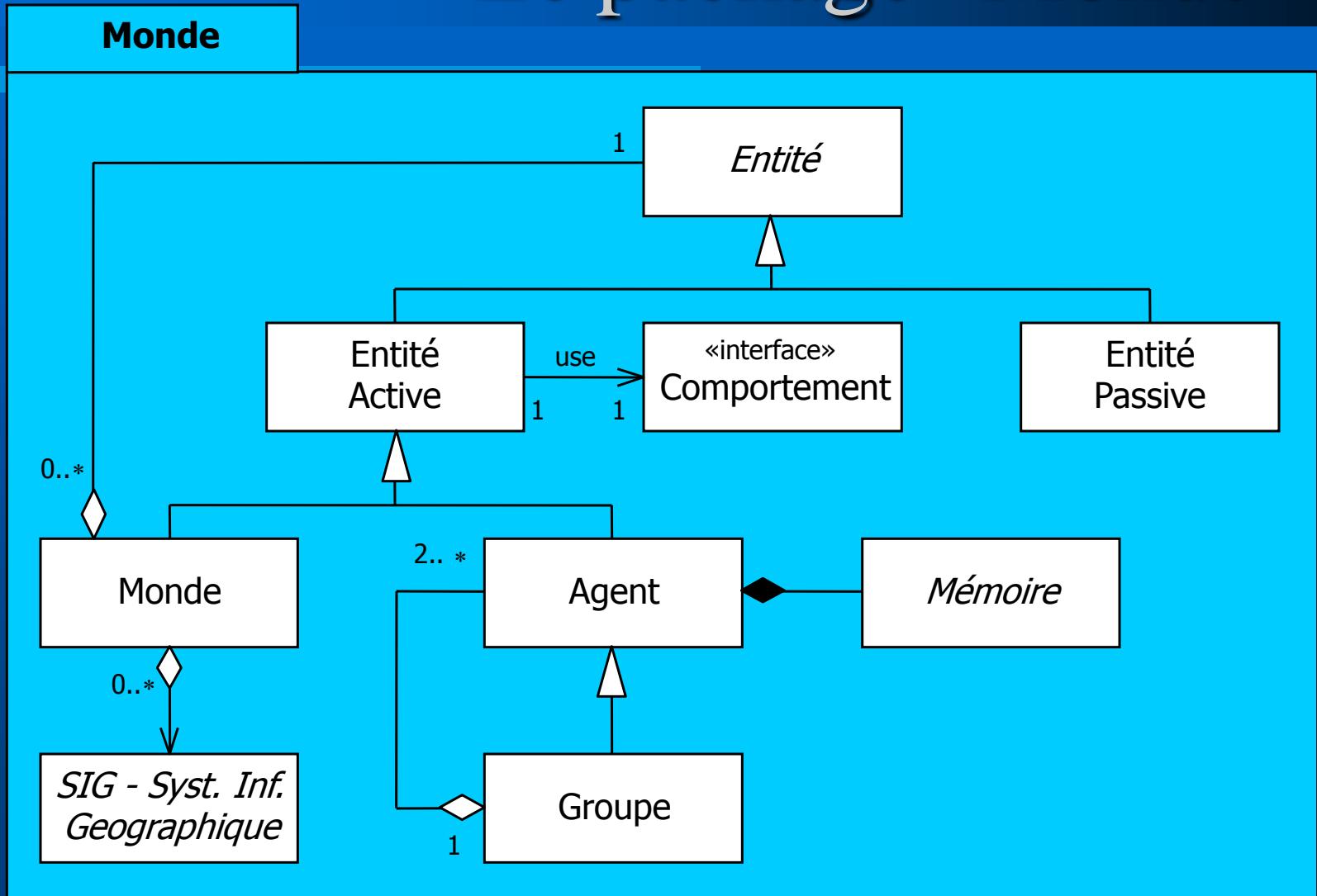
- **Simulation à événements discrets**
  - prise en charge de la distribution spatiale des individus dans l'environnement
- **Systèmes multi-agents**
  - représentation directe des individus et de leurs interactions
  - modélisation de comportements individuels dont les interactions font émerger des comportements globaux
- **Simulations Visuelles et Interactives**
  - Facilite le processus de Vérification & Validation (V&V)
  - Permet l'observation des événements globaux simultanés et interconnectés
  - Présentation de résultats aux décideurs (pas forcément un expert)

# Exemples de conception de modèles à partir de SMA : MAVIS (A. Campos)

- **Architecture générale**
  - Sous-cadriels et paquets de classes



# Le package "Monde"

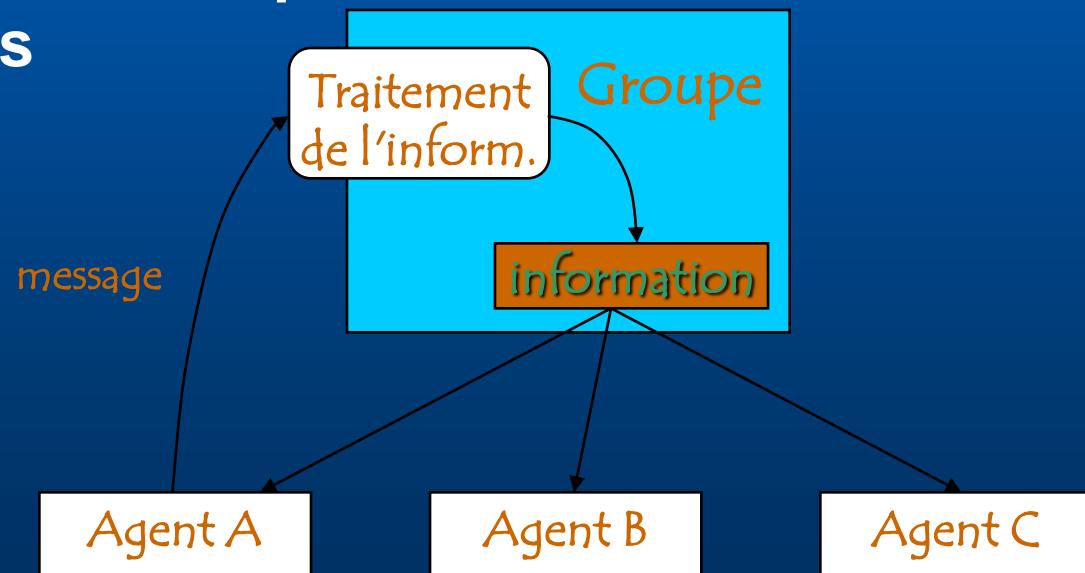


# Modèle des agents

- Classe "Entité Active" → agents réactifs pulsionnels
  - $f$  (état courant, perception locale) ⇒ action
  - Actions considérées comme "atomiques"
  - L'environnement ("Monde") comme entité active du système
  - Communication
- Classe "Agents"
  - $f$  (état courant, perception locale, mémoire) ⇒ action
    - possibilité de planification des actions → agents cognitifs
  - Communication (+)
    - Indirecte (à travers le groupe) → Tableau noir

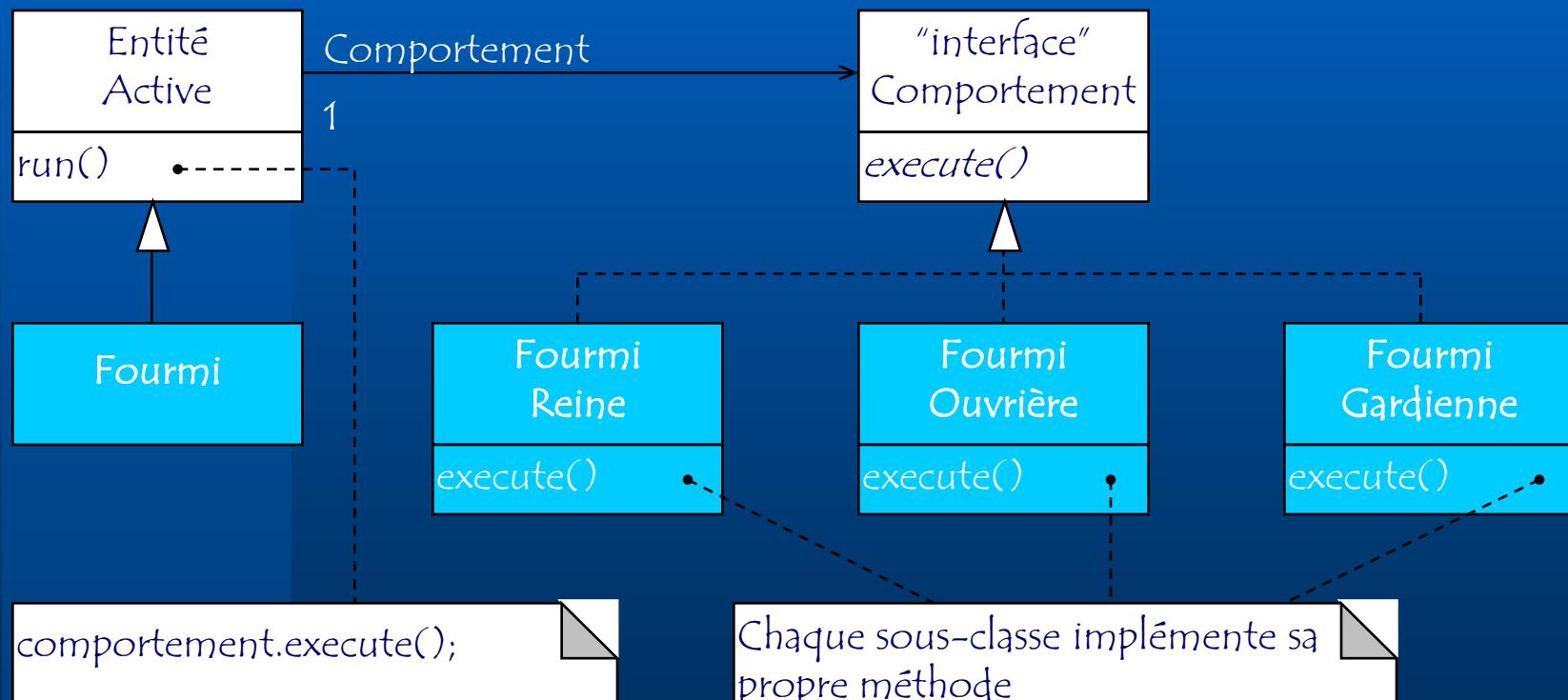
# Communication (groupe)

- Information partagée aux membres du groupe
- Possibilité d'imbrication de groupes
  - niveaux hiérarchiques de distribution de messages



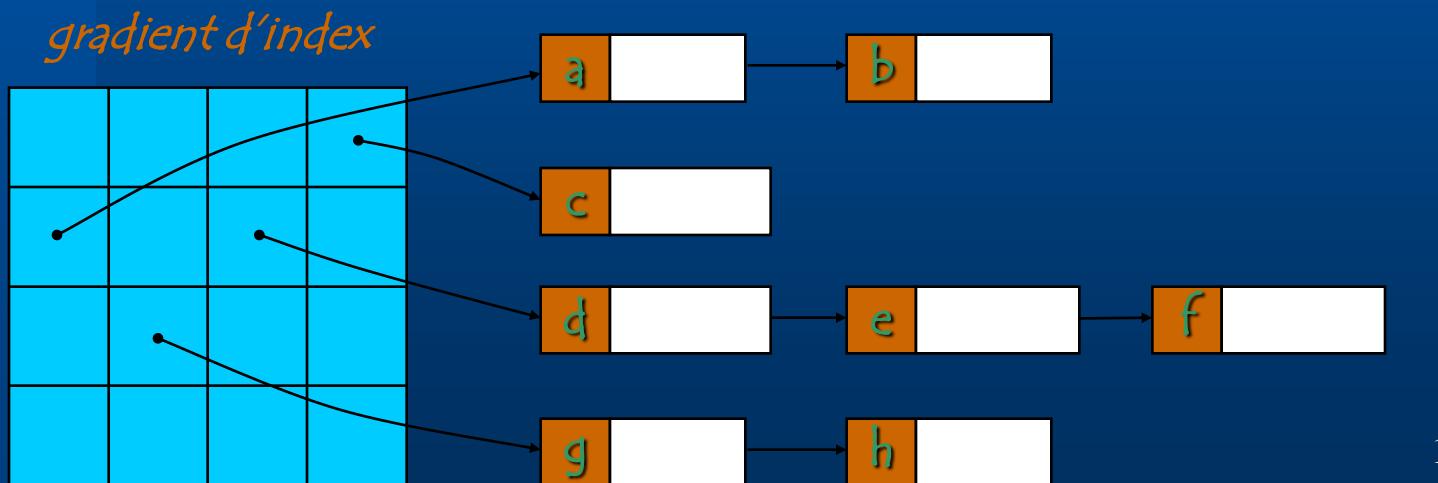
# Comportement

- Séparation Agent - Comportement
  - flexibilité de création / mise à jour (prototypage)
  - changement dynamique au cours de la simulation



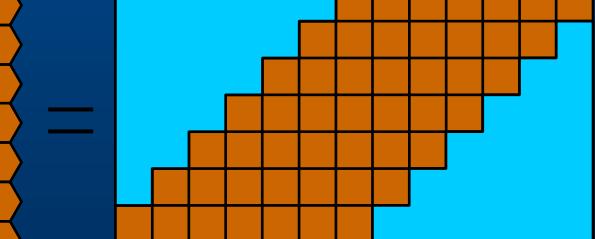
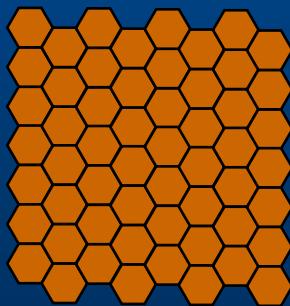
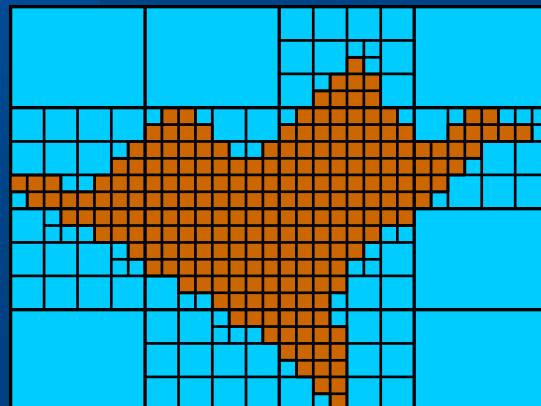
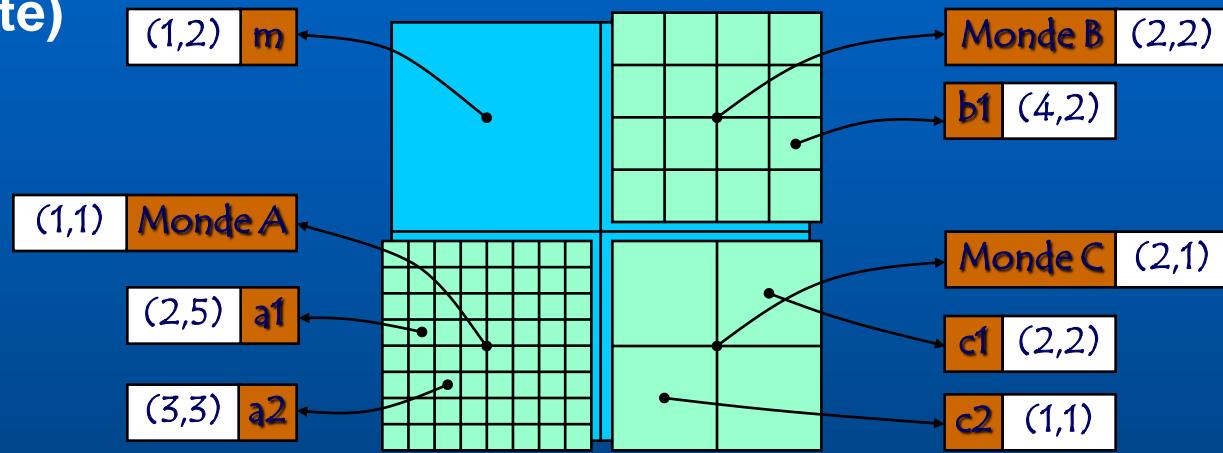
# Environnement

- Type d'entité active
  - modelage de comportements dans l'environnement
- Couplage avec les Systèmes d'Information Géographique



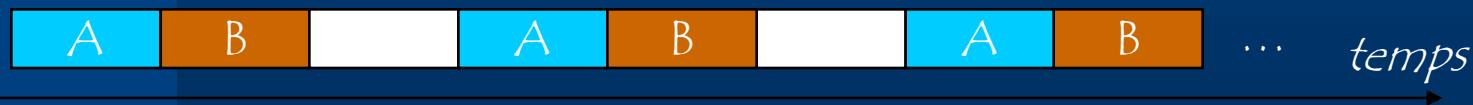
# Imbrication de mondes – multi-échelles

- Le monde (entité) comporte des entités, y compris d'autres entités de la classe Monde

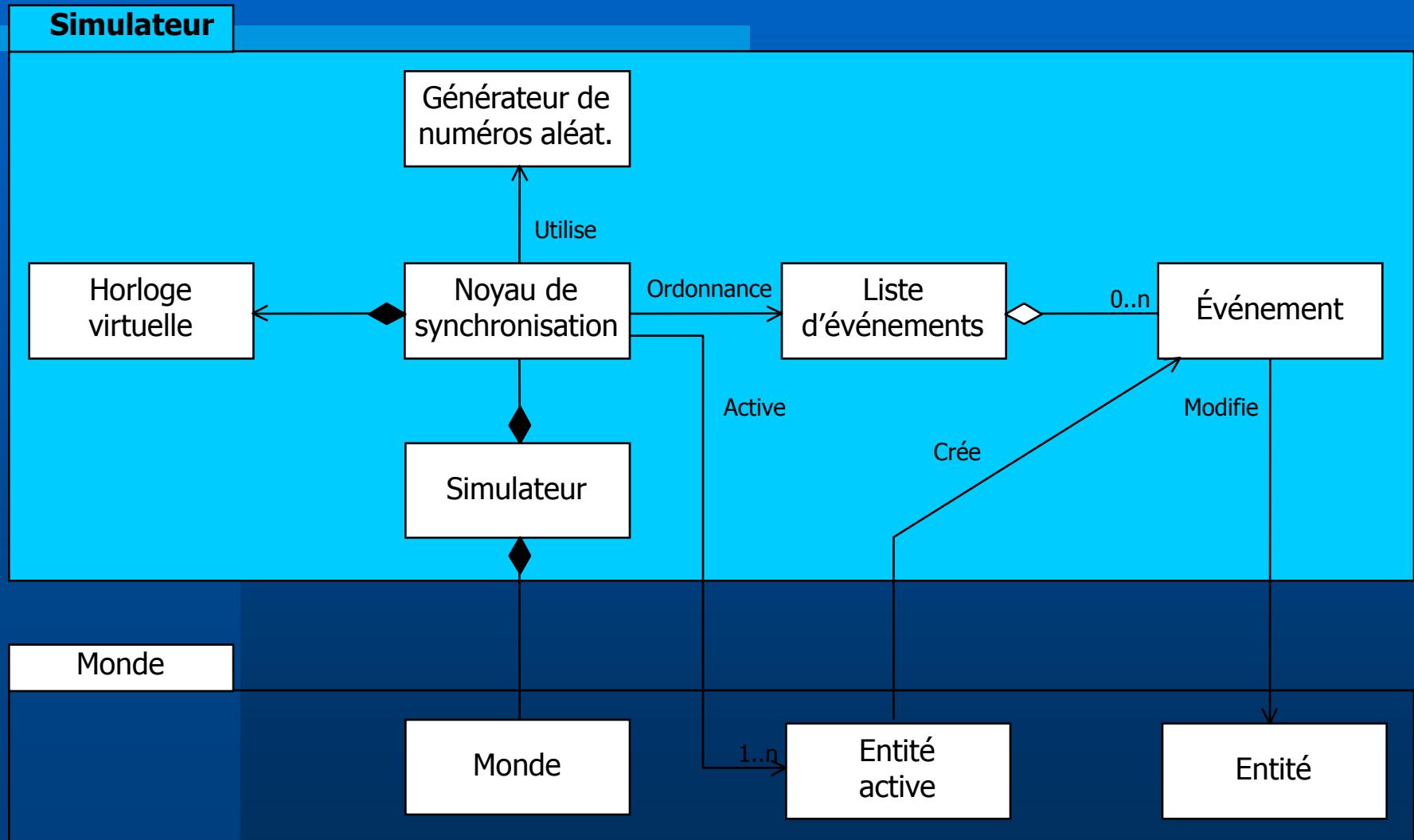


# Parallélisme des agents

- **Gestion externe (threads du Langage ou de l'OS)**
  - **Gestion de messages asynchrones**
  - **Non prise en compte de processus stochastiques**
- **Gestion interne (MAVIS) du parallélisme**
  - **Mieux gérer les conflits de compétition spatiale**
  - **Considère les actions des agents comme des processus en parallèle**
  - **Implication**
    - ⇒ les actions doivent avoir la même niveau de "granularité"

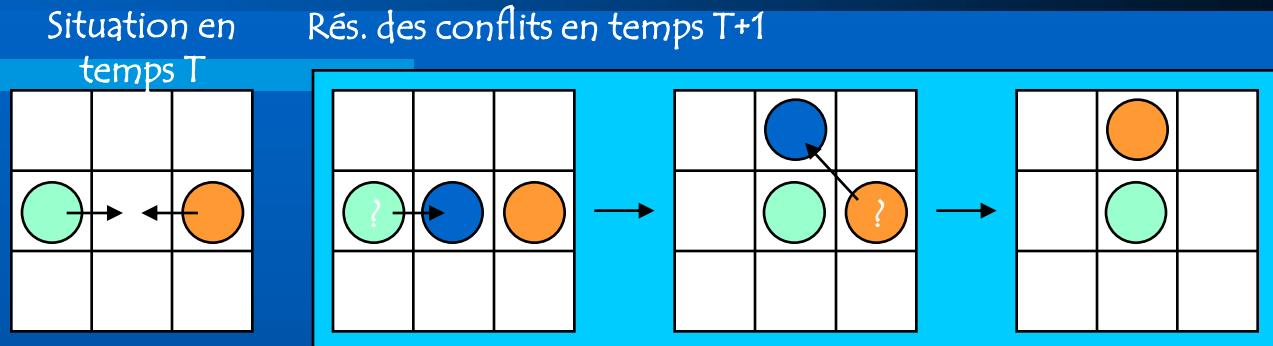


# Le package "Simulateur"



# Résolution de conflits

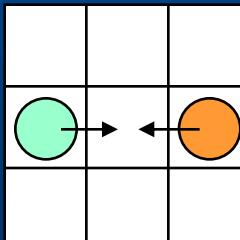
- Parallélisme basé sur les entités



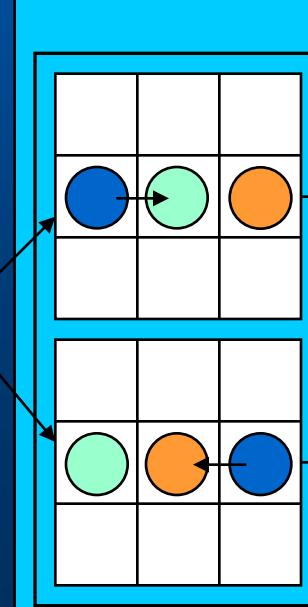
Rés. des conflits en temps T+1

- Parallélisme basé sur les événements

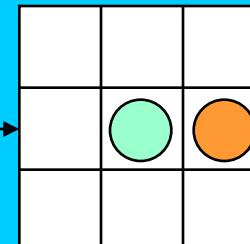
Situation en temps T



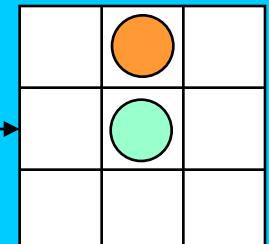
Liste d'événements



Événement prioritaire



Événement résultant de la création d'une deuxième liste

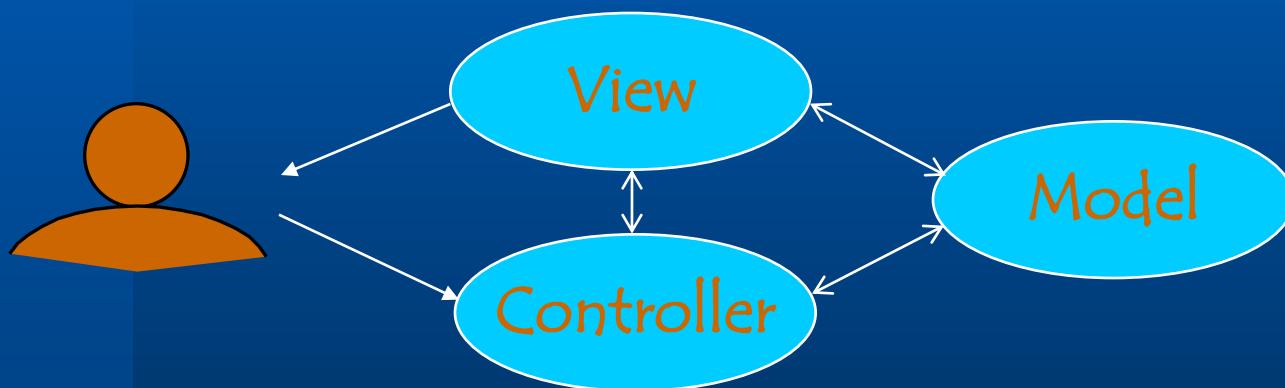


# Visualisation/Interaction

- **Intérêts de la visualisation / Interaction**
- **Visualisation**
  - **Mise au point et vérification du modèle**
  - **Validation du modèle**
  - **Analyse et conception d'expérimentations**
  - **Présentation de résultats**
- **Interaction**
  - **Environnement virtuel de développement**
  - **Prototypage de modèles**
- **Simulations du type "steering"**
  - **possibilité d'interagir avec le modèle durant son exécution**
  - **Problèmes dans les analyses d'ordre stochastiques**

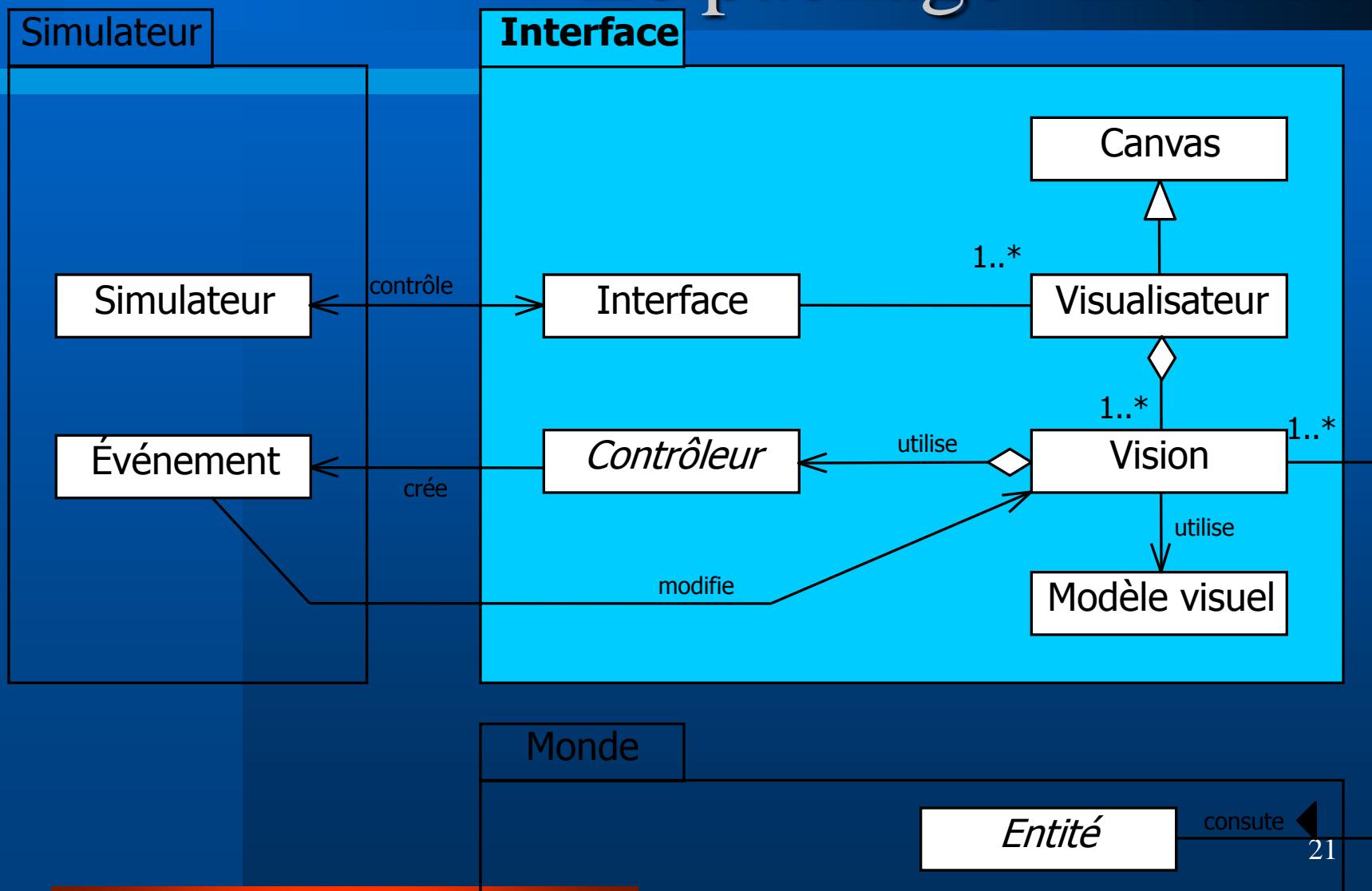
# Abstraction visuelle

- Séparation information X visualisation
  - Indépendance de plateforme graphique
  - Flexibilité dans les méthodes de visualisation
- Version adaptée du modèle MVC (Model-View-Controller)

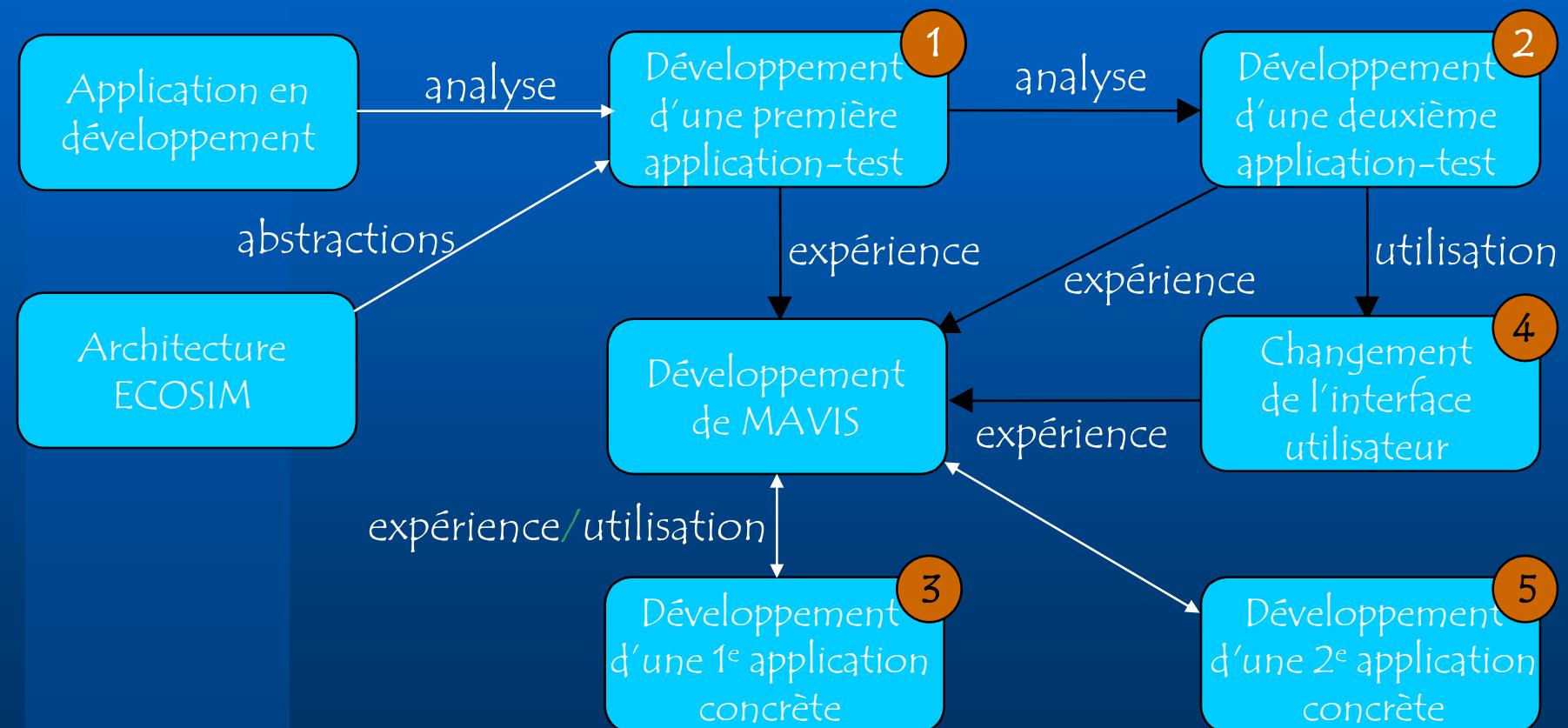


- non imbrication de visualisations (une entité n'est pas divisible)
- changement de données indirect (création d'événements)

# Le package "Interface"



# Exemple de cycle de développement



# Pâturage de moutons (1)

- **Comportement des groupes de moutons qui cherchent une nourriture préférée dans un pâturage**
  - Simulation multi-agent
  - Distribution spatiale
  - Modélisation de la mémoire des moutons
- **Application dans le cadre d'une coopération avec l'INRA (B. Dumont)**



# Proie-prédateur (2)

- Issue d'une généralisation de la simulation des moutons
- Des proies et un prédateur dans un environnement restreint
- Comportements des agents à travers la logique floue

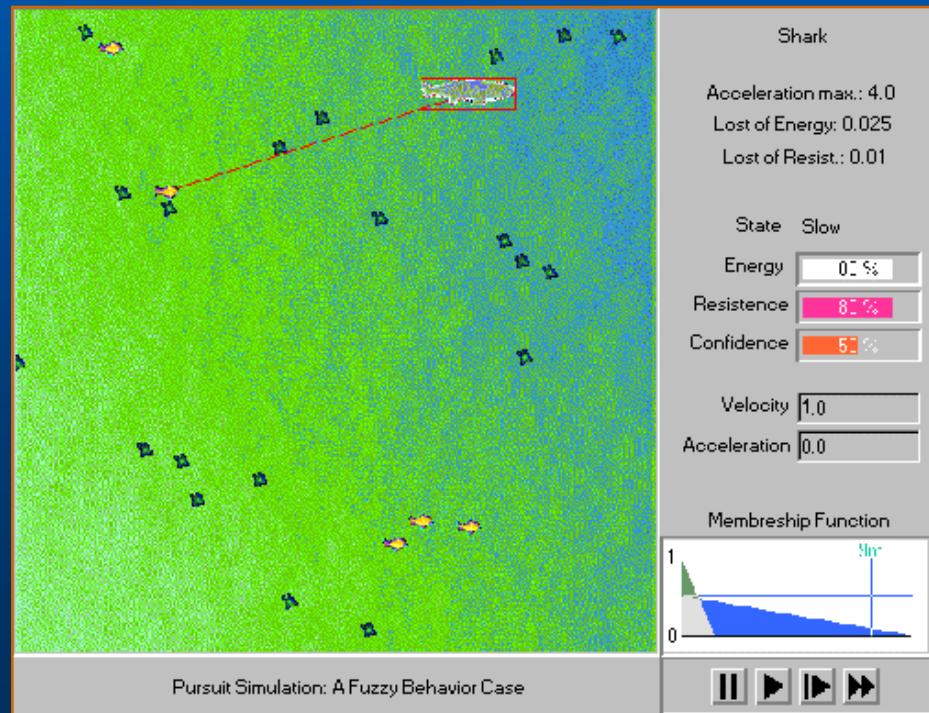
$$fuite \Leftarrow \text{près}(x) \wedge \neg \text{loin}(x)$$

$$\text{près}(x) = \begin{cases} 1 & \text{si } x \leq p \\ \frac{x - p^U}{p - p^U} & \text{si } p < x \leq p^U \\ 0 & \text{autrement} \end{cases}$$

$$\text{loin}(x) = \begin{cases} 0 & \text{si } x \leq q^L \\ \frac{x - q^L}{q - q^L} & \text{si } q^L < x \leq q \\ 1 & \text{autrement} \end{cases}$$

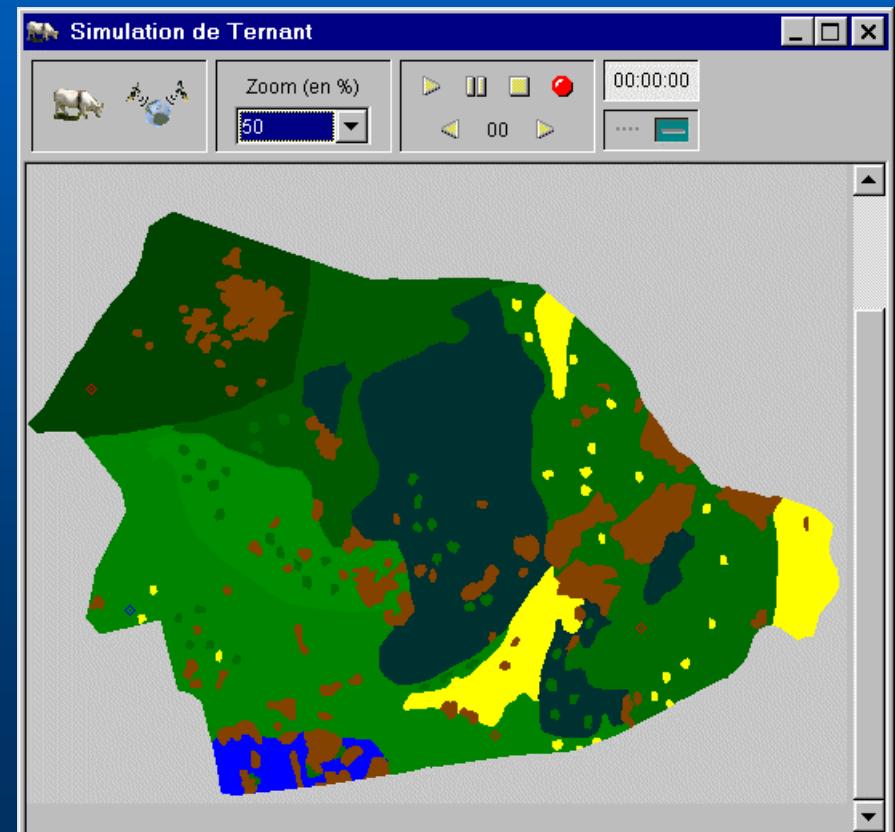
$x$  = distance du prédateur

$n, n^U, p$  et  $p^L = f(\text{fatigue}, \text{direction}, \dots)$

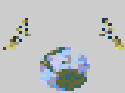


# Pâturage des herbivores (3)

- Entretien du paysage grâce au pâturage d'herbivores complémentaires en moyenne montagne
- Simulation multi-agent
  - déplacement des herbivores vers des points d'attraction
- Suivi des animaux par satellite GPS (INRA)
- Développement pour un GIS (Groupe d'Intérêt Scient.)
- Mémoire d'Ingénieur CNAM
- Peu de collaborations pluri-disciplinaires > Echec...



## Simulation de Ternant



50

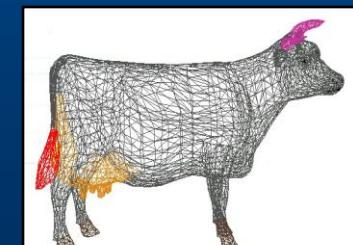
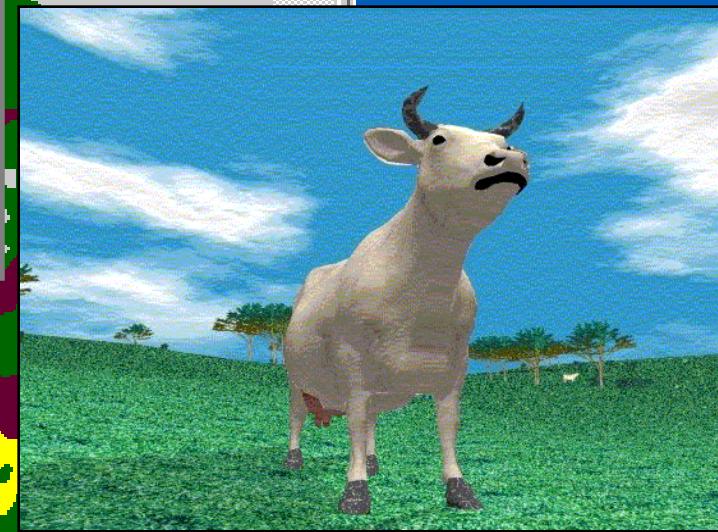
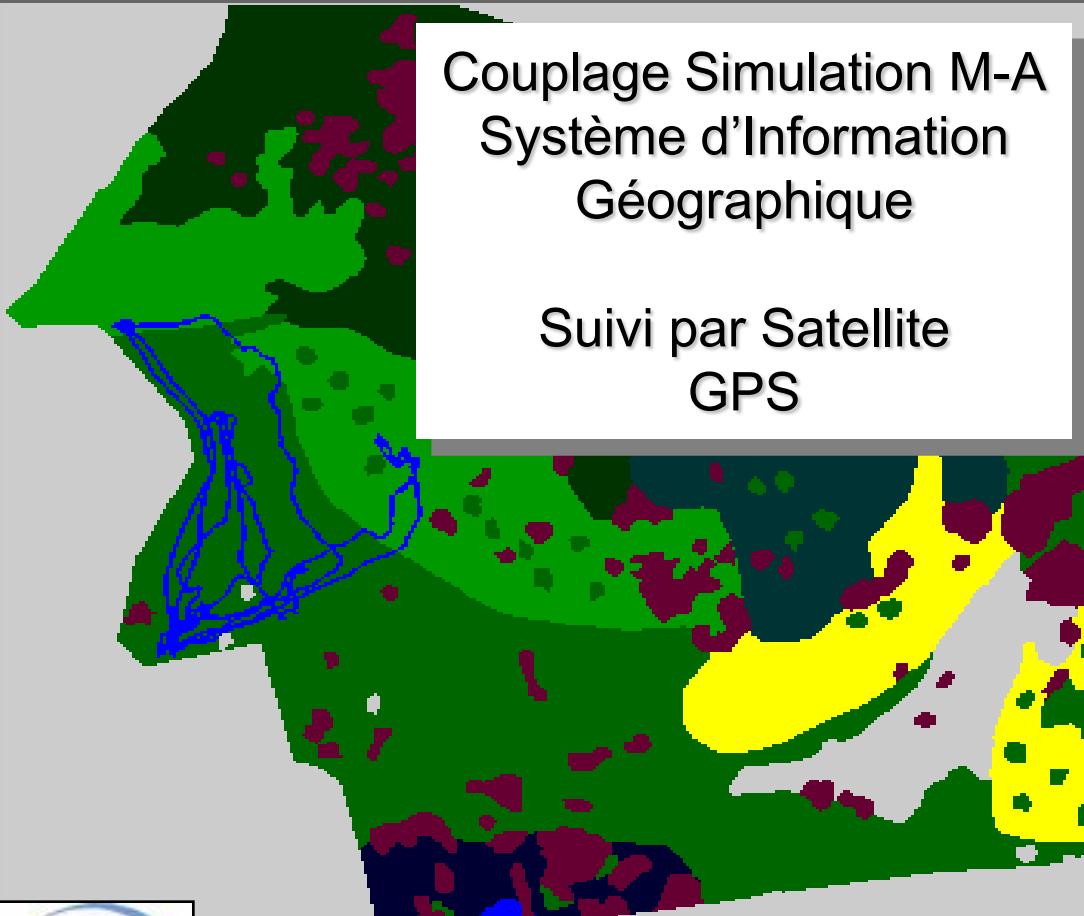


...



Couplage Simulation M-A  
Système d'Information  
Géographique

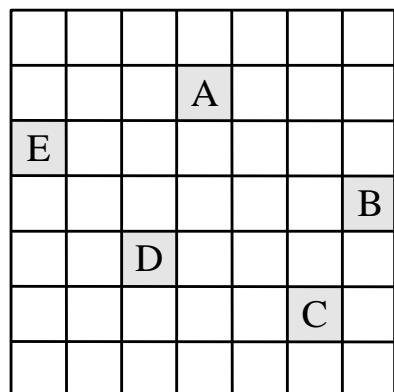
Suivi par Satellite  
GPS



# Les limites des couplages SIG / Simulation

- L'hétérogénéité des logiciels de gestion d 'information géographique
- Écriture de logiciels spécifiques pour l 'importation des données.
- Les problèmes de performance : des millions de « requêtes » sont parfois effectuées au cours d'une simulation.
- Choix d 'une structure de donnée en mémoire adaptée au problème.

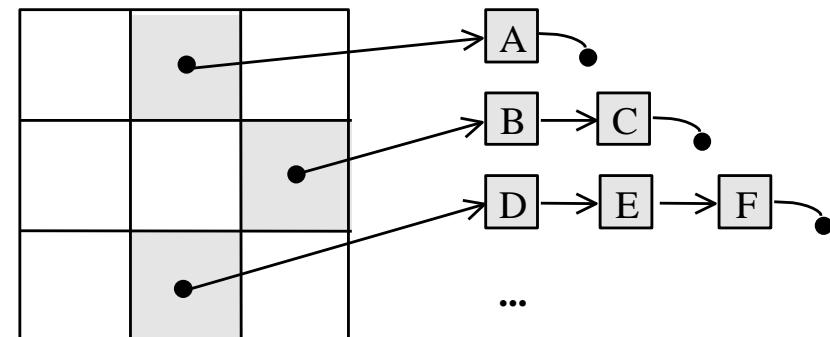
Structure orientée espace



Structure orientée entité

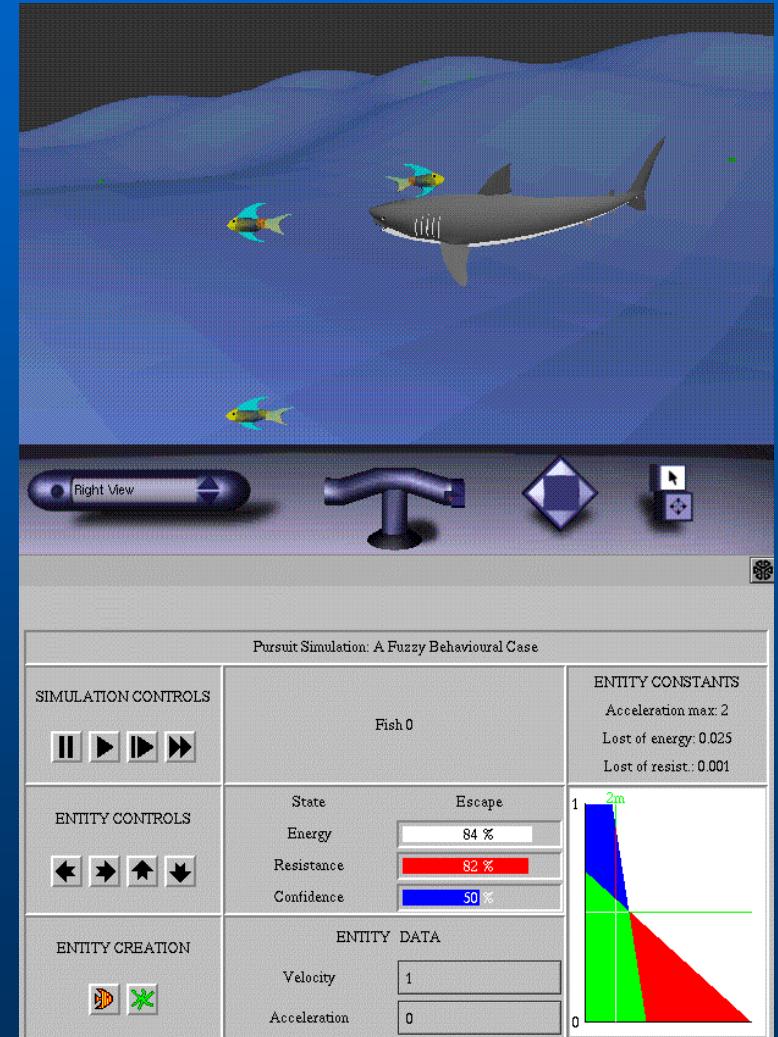
A	→Position (2,4)
B	→Position (4,7)
C	→Position (6,6)
D	→Position (5,3)
E	→Position (3,1)

Index spatial sur les entités



# Proie-prédateur en 3D (4)

- Validation des aspects visuels génériques du framework MAVIS
- Mise en place d 'une interface 3D dans l'application
- Liaison Java / VRML



# Da Vinci (5) avec B. Corbara

- Da Vinci  
*Designing Ant/Agents: a Visual Interactive Nest Construction involving Internet*
- Concerne les sociétés de fourmis artificielles et leur environnement proche
- Environnement de Vie Artificielle
- Fourmi tropical arboricole – *Pachycondyla goeldii*

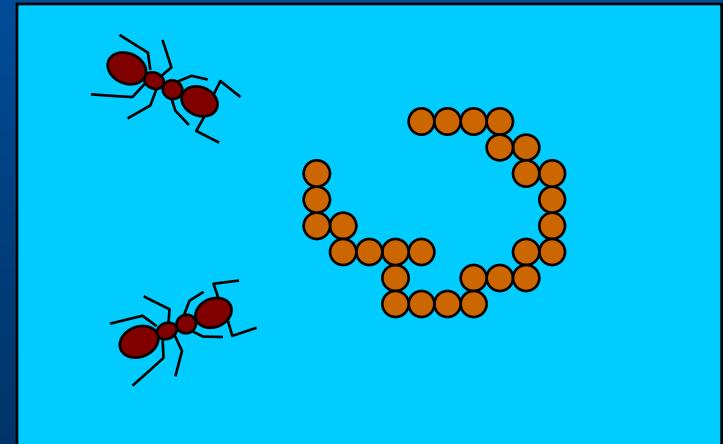
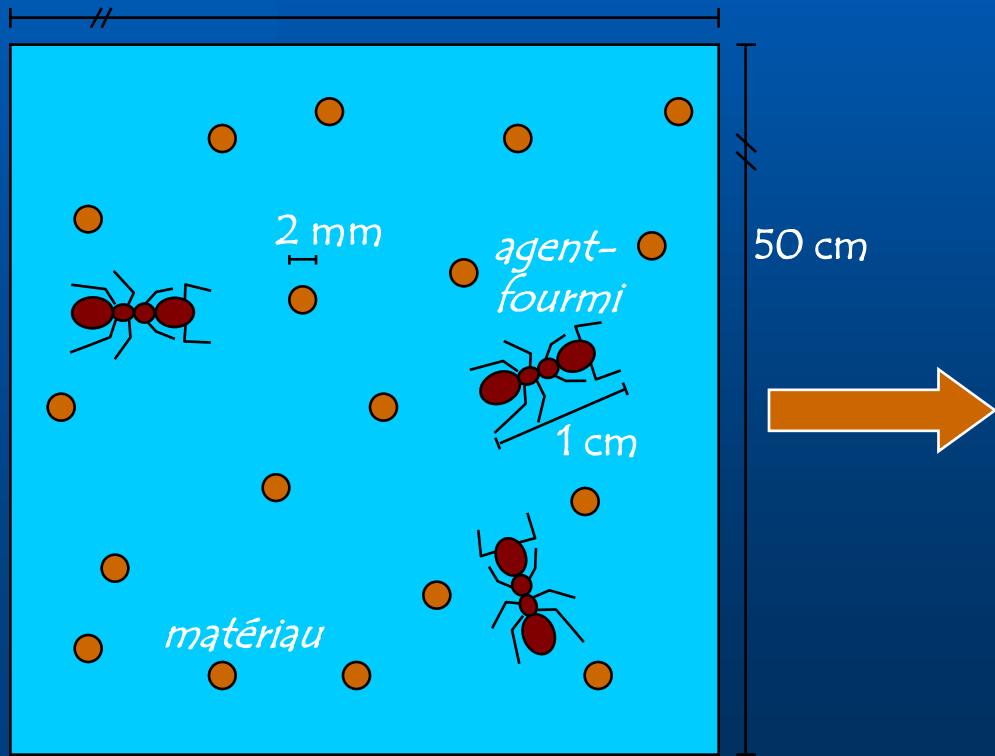


# Objectifs de Da Vinci

- **Conception d'un laboratoire de vie artificielle**
  - agents-fourmis
- **Exploitation de ressources de l'environnement à travers des agents réactifs pulsionnels**
  - règles de comportement simples (règles de production)
  - perception locale restreinte
  - Changement des comportements des agents-fourmis
  - validation de l'émergence de leur interactions
- **Étude de la morphogenèse d'un nid, voisin de celui que l'on observe chez les fourmis**

# Modules

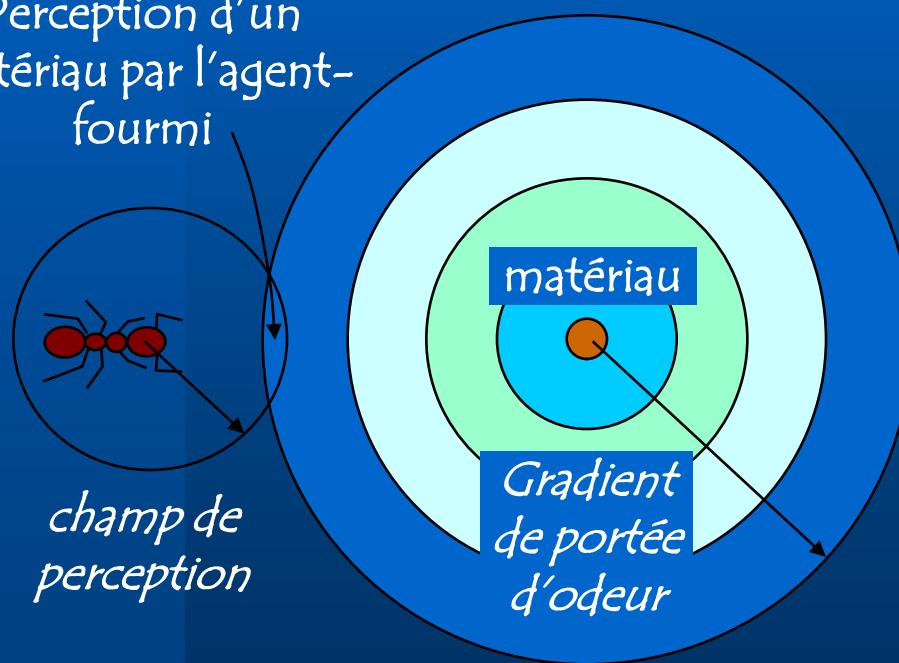
- Division de la plateforme dans aspects structurels et fonctionnels
- Aspects structurels
  - caractérist. de l'environnement
- Aspects fonctionnels
  - mise en place des comportements
  - configurable par l'utilisateur



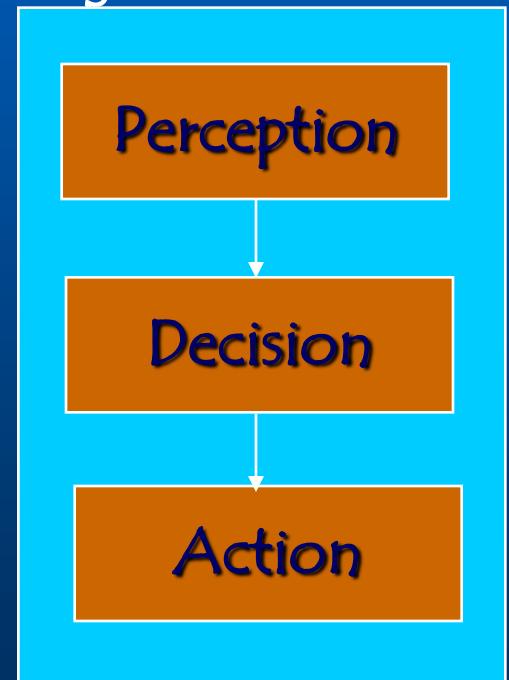
# Dynamique des actions

- Actionnée par la perception des agents-fourmis
- Matériaux ont une portée d'odeur

Perception d'un matériau par l'agent-fourmi

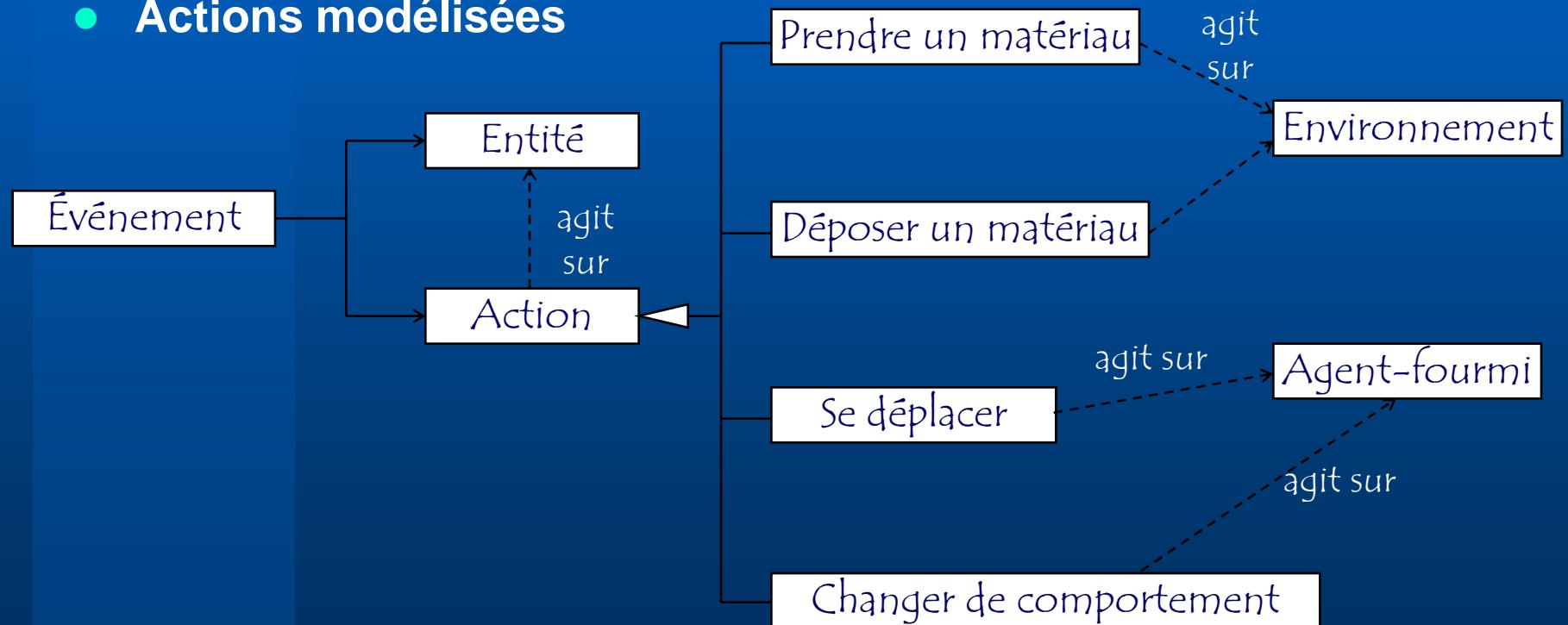


Architecture modulaire des agents-fourmis



# Les actions

- Actions indirectes
  - résultats des créations des événements des agents-fourmis
- Actions modélisées



# Comportements

- Quatre types de comportements
  - Placer le 1e matériau
  - Se déplacer en groupe
  - Chercher des matériaux bruts
  - Composer l'agrégat
- Exemple (Composer Agrégat)

Cherche un matériau transformé dans son champ de perception  
S'il y a un matériau alors

Si le matériau est à côté alors

Repère la position qui possède la force d'odeur la plus forte

Crée l'événement "déposer matériau" sur cette position

Crée l'événement "changer comportement" pour chercher mat. brut

Sinon

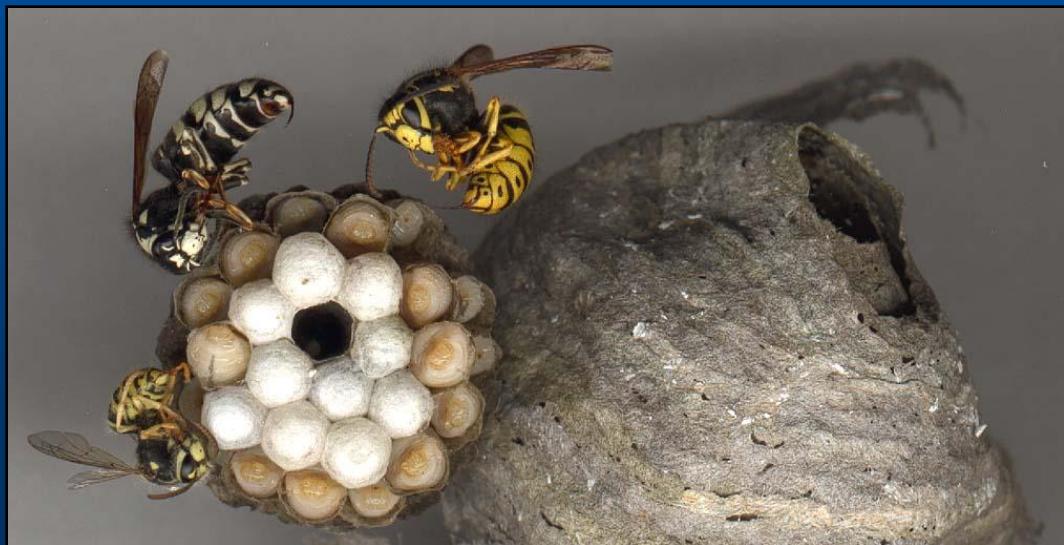
Crée l'événement "se déplacer" vers le matériau le plus proche

Sinon

Crée l'événement "se déplacer" aléatoirement

# Exemples développés pour le Web

The image shows two overlapping windows from a web browser running Netscape. The top window is titled "Behaviors" and displays a form for creating a new behavior package. It includes fields for "Behavior packages" (with options "Standard" and "New package"), "Behavior package name" (set to "Init"), and a preview area showing a yellow background with a grid pattern. The bottom window is titled "Results" and shows a list of users: "Andre" and "Bruno". It also lists "Results of simulation" with three items: "Simulat", "Simulat", and "Test\_nu". The status bar at the bottom of the browser window indicates "Unsigned Java Applet Window".

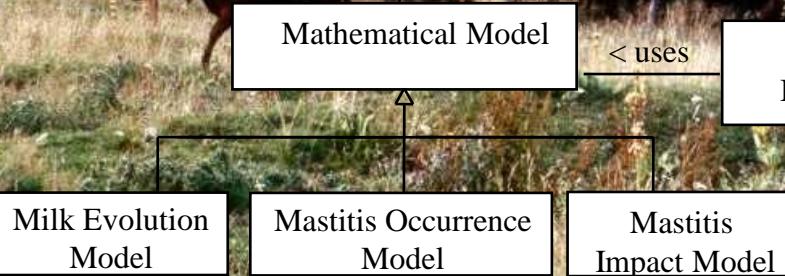


# Multi-modèle Modèle Prairie Troupeau

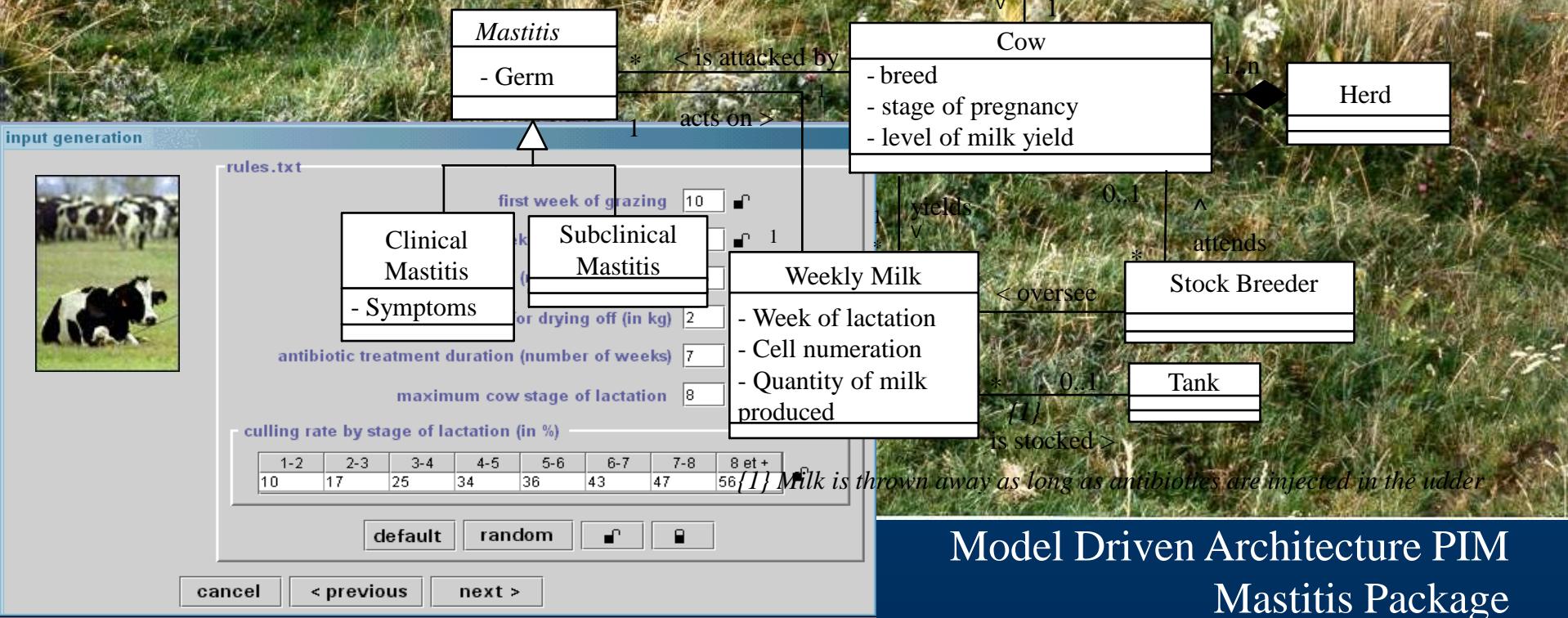


## Global Mastitis Multimodel

# Simulation de Mammites



## Metamodèle du multi-modèle



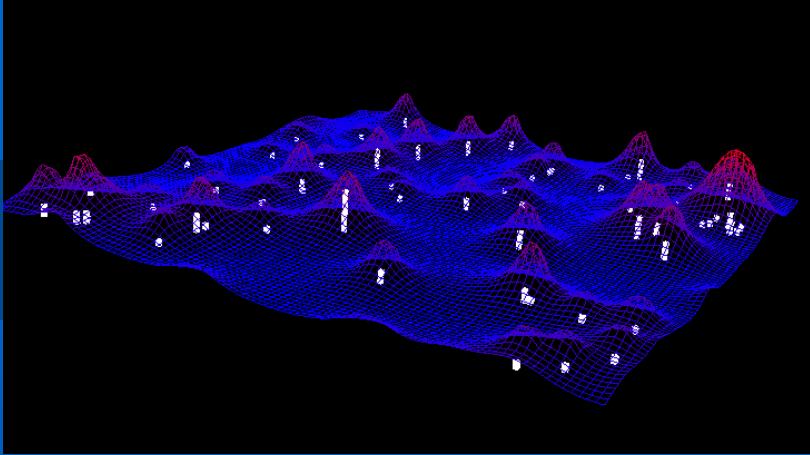
# Quelques organisations & standards

- **FIPA : The Foundation for Intelligent Physical Agents : standards pour l'interopérabilité d'agents logiciels hétérogènes ([www.AgentLink.org](http://www.AgentLink.org))**
- **SISO : Simulation Interoperability Standards Organisation**
  - Evolution des techniques de DIS : Distributed Interactive Simulation
  - Développement de HLA : High level Architecture (FEDEP : Federal Development and Execution Process, FDMS : Functional Description of the Mission Space, DS: Data Standard, ALSP : Aggregated Level Simulation Protocol, OMT : Object Model Template)
- **OMG : Object Management Group**
  - MDA : Model Driven Architecture « melting pot » de méthodes et de méthodologies. Production de PIM Platform Independant Model en UML ( Unified Model Language ) et de PSM Platform Specific Model
    - MOF : Meta Object Facility (moyen universel de décrire des concepts vus comme des métamodèles spécifiés en UML)
    - CWM : Common Warehouse Metamodel, JMI : Java Metadata Interface
    - UPM : Unified Process Model, XP eXtreme programming, AGILE,...
  - OMA : Object Management Architecture pour les applications
    - CORBA, (DCOM et .NET, EJB,...), XML et XMI, SOAP (Protocole basé sur XML<sup>38</sup>)

# Bilan des difficultés rencontrées

- **Problème de la qualité et de la quantité des données biologiques**
  - Difficultés réelles d'échantillonnage sur le terrain
- **Problèmes liés à la taille de mémoire nécessaire et à sa gestion**
  - Codage spécifique de la gestion de la mémoire
- **Problème de la gestion des interactions spatiales discrètes**
  - Simulation sous contraintes spatiales et couplage avec SIG
- **Problème liés à l'implémentation de processus concurrents dans le temps et dans l'espace**
  - Développement d'ordonnanceurs dédiés
- **Problème d'analyse de résultats stochastiques en deux dimension**
  - Analyse spectrale de ces résultats
  - Recherche d'attracteurs dans l'étude des résultats d'analyse spectrale
- **Problème des collaborations inter-disciplinaires**
  - Développement de double compétences
- **Problèmes de performance**
  - Optimisation locales
  - Métaprogrammation
  - Parallélisme...Grid Computing / Metacomputing etc...
- **Problème de corrélation « Long Range » dans les simulations distribuées**
- **Problèmes de modélisation et de formalisation des modèles**
  - UML / DEVS

# Vers des sociétés artificielles

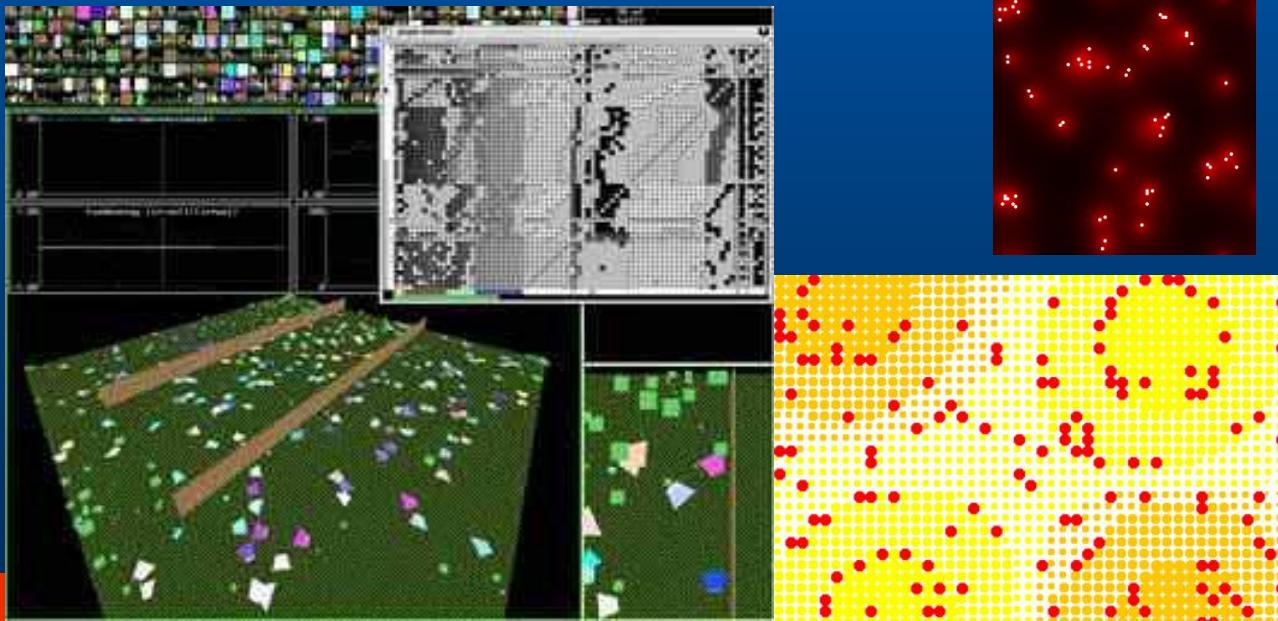


- Robert Axtell chercheur en Science Sociales au Mason's Center for Social Complexity (CSC) propose des modèles pour étudier les interactions humaines à base de systèmes multi-agents
- « Interactions could be social, financial or political. It's very hard to render those models mathematically,” he says. “It's not easy to summarize the functionality or the performance of the simulation groups in numbers or graphs. Often what we'll try and do is depict the entire market as it emerges.”



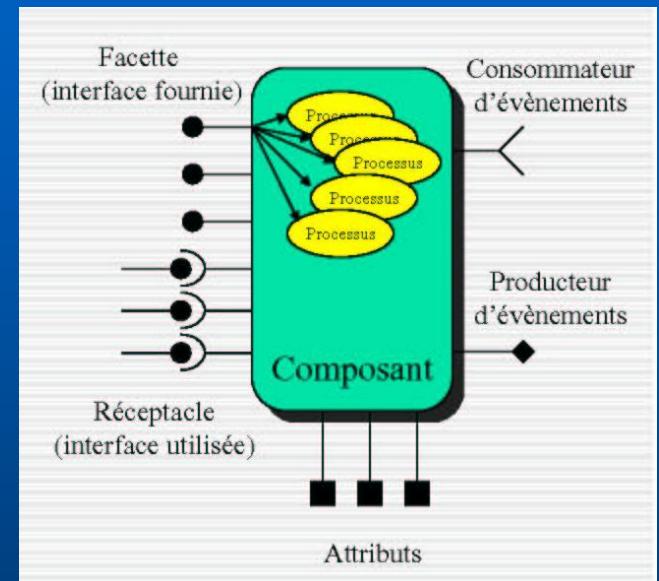
**Robert Axtell**  
*Brookings Institute*

*Polyworld, heatbugs,  
SugarScape...*



# Vers une approche plus « moderne »?

- **Elargir le spectre des applications**
  - De vrais applications parallèles : SMA ?
- **Construction d'applications à l'aide d'Objets distribués (et d'Agents ?)**
  - Structuration de l'application
  - Encapsulation des codes parallèle
- **Couplage des codes parallèles**
- **Deux aspects s'opposent**
  - Cacher la complexité dans un composant
  - Connecter des composants tout en autorisant des communications inter-échelles





# Agents & grilles de calcul...

- **Projet D-Agent pour le Méta-Computing**
  - Les agents mobiles achètent des droits d'accès aux ressources de machines hôtes et établissent un marché des ressources de calcul.
  - <http://agent.cs.dartmouth.edu/papers/#market>
- **Projet Echelon : Agent Based Grid Computing Architecture**
  - <http://www.geocities.com/echelongrid/>
- **Agent Based computational Economics**
  - <http://www.econ.iastate.edu/tesfatsi/ace.htm>

# Des agents en bioinformatique...

- Analyse et annotation autonome de génomes : BioMAS, RETSINA (<http://citeseer.nj.nec.com/445758.html>)
- Architectures multi-agents pour applications génomiques
- Approches multi-agent pour la classification et le traitement des EST (Expressed Sequence Tags)
- Apprentissage et découverte de la connaissance distribuée de manière autonome
- Approches multi-agent pour l'analyse de l'expression des gènes (utilisation des biopuces)
- Coordination et Contôle de Systèmes Multi-Agents pour la collecte de données bioinformatique distribuées (<http://www.cs.iastate.edu/~honavar/ailab/projects/control.html>)
- Simulation multi-agents du fonctionnement de l'interaction moléculaire des protéines, des mécanismes de cancérisation...

# Défis pour les simulations et les SMA

- **Les standards**
- **Les SMA pour les sciences de la vie au LIMOS**
- **Les défis posés par les difficultés rencontrées en simulation (et quelques solutions...)**
- **Vers une nouvelle révolution : les systèmes distribués à base de grilles de calcul, de stockage, d'information...**
- **La distribution des nombres pseudo aléatoires pour les simulations distribuées**
- **Les besoins en bioinformatique et les perspectives pour les simulations multi-agents.**

# Objectif du TP SMA

- Mettre en « compétition » 2 catégories d'agents hybrides cognitifs/réactifs de votre choix
- L'espace d'évolution sera torique en 2D
- Le comportement des agents sera stochastique
- L'affichage se fera en mode texte
- La documentation se fera avec l'outil Doxygen
- D'autres outils de G.L. seront utilisés.

**t = 0**

```
.....  
. L . . R . . 1 . L  
.....  
.....  
L L . . . . R . .  
.....  
. . . . . 1 L . . .
```

**t = 1**

```
.....  
..... L . . . . R . L  
.....  
.....
```



# Thats' all falks...



Benny Hill  
21 Janvier 1924 – 18 Avril 1992