



Modélisation multi-agents - Agents réactifs

Syma – cursus CSI / SCIA

Julien Saunier - julien.saunier@ifsttar.fr

Sources

- www-lih.univ-lehavre.fr/~olivier/enseignement/MasterRecherche/cours/support/AlgoFourmis.pdf
- www.univ-montp3.fr/miap/~jq/IntCollective6.pdf
- www.ibisc.univ-evry.fr/~hutzler/Cours/SMA/SMAsReactifs.pdf
- emmanuel.adam.free.fr/site/IMG/pdf/poa_reactifs1P.pdf
- emmanuel.adam.free.fr/site/IMG/pdf/poa_reactifs2P.pdf



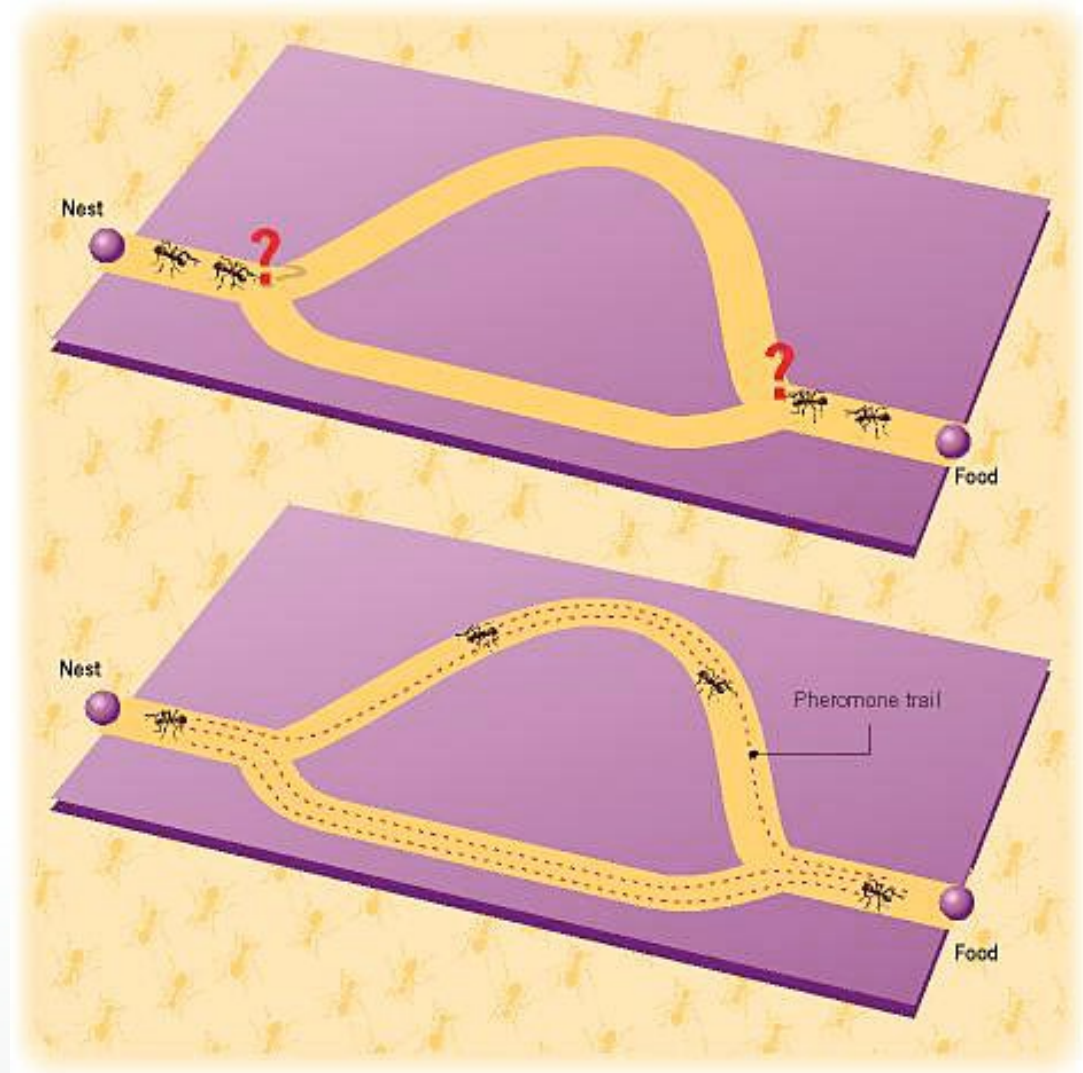
Plan

- Introduction
 - Principe, propriétés, exemple.
- Mise en œuvre
 - Environnement : modélisation,
 - Agent : algorithme, architecture,
 - Interaction : stigmergie,
 - Organisation : discussion.
- Exemple
 - PF : Madkit
 - Ségrégation sociale
 - Plus court chemin,

Agents Réactifs

Principe

Un comportement
individuel simple,
un résultat
collectif intelligent



Agent Réactif

Propriétés

- **Caractéristiques**

- pas de représentation explicite de l'environnement
- pas de mémoire de son histoire, ni de but explicite
- comportement de type stimulus réponse
- mode "biologique " d'organisation
- grand nombre d'agents (>100), homogènes à grain fin
- La structure du système émerge des comportements et non d'une volonté d'organisation

- **Inspiration**

- Insectes sociaux : fourmis, termites, abeilles ...
- Eco-systèmes, Phytosociologie : communauté végétale.

- **Utilisation**

- Simulation d'organisation
- Robotique
- Résolution distribuée de problèmes

Exemple: flocking



- Trois règles:
 - Séparation
 - Alignement
 - Cohésion



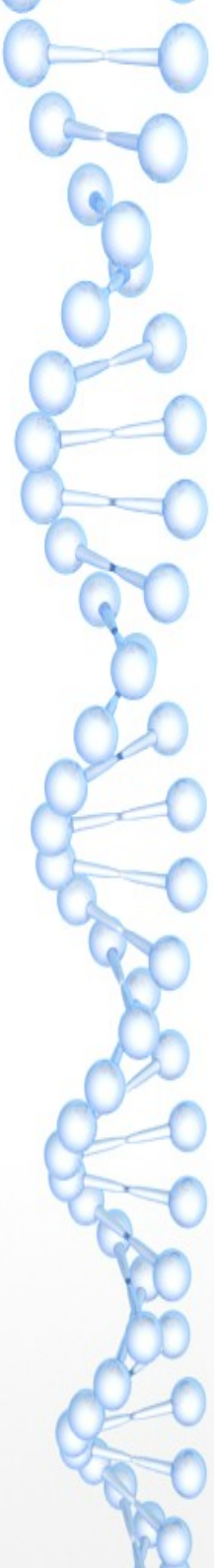
Plan

- Introduction
 - Principe, propriétés, exemple.
- Mise en œuvre
 - Environnement : modélisation,
 - Agent : algorithme, architecture,
 - Interaction : stigmergie,
 - Organisation : discussion.
- Exemple
 - PF : Madkit
 - Ségrégation sociale
 - Plus court chemin,



Modélisation

- Modélisation d'un SMA
 - on décrit les données de l'environnement
 - on définit les actions sur l'environnement (actions « exogènes »)
 - on définit les buts/rôles des agents
 - on définit les données et actions des agents
- Attention : l'environnement est **n'est pas proactif**
 - Sinon, c'est lui-aussi un agent
 - on peut avoir un agent « environnement »
c'est l'environnement « logique »
 - ni vraiment un agent, ni vraiment un objet



Environnement

Environnement

Définition

- L'environnement est une abstraction de premier ordre permettant de [Weyns 07] :
 - Structurer le SMA,
 - Supporter et gérer le cycle de vie des composants,
 - Fournir de l'observabilité,
 - Fournir de l'accessibilité, } = Interaction!
 - ~~Réguler le SMA,~~
 - ~~Fournir une ontologie.~~



Environnement

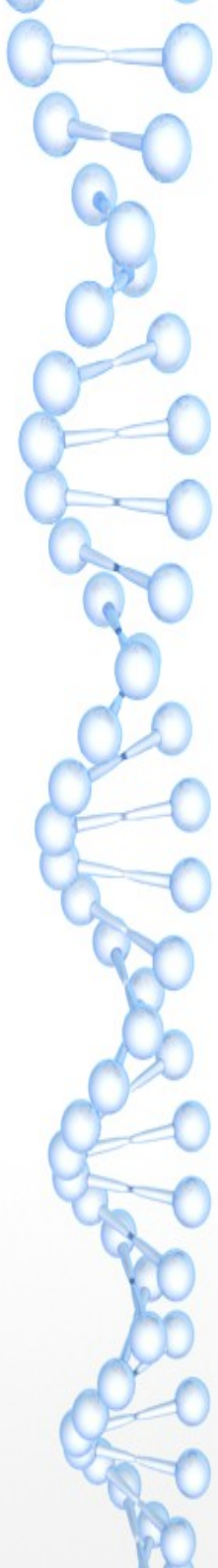
Propriétés

- Un environnement peut être:
 - Accessible / inaccessible,
 - Déterministe / non déterministe
 - Statique / dynamique
 - Discrèt / continu
- Mais l'environnement est aussi déterminé par la plateforme !



Environnement pour les Boids

- Choix du type de processus → thread / scheduler
- Choix de la perception → active
- Données : espace 3D, localisation des agents
- Action exogène : déplacement
- Fonction d'initialisation du SMA



Agent

Agent Réactif

algorithme

- Algorithme basic :

```
do{
  percepts = voir();
  état = interprétation_percepts(percepts);
  règle = match(état, règles);
  exécuter(règle);
} while(true)
```

Problème si plusieurs règles sont activables !



Agent Architecture

Subsommation

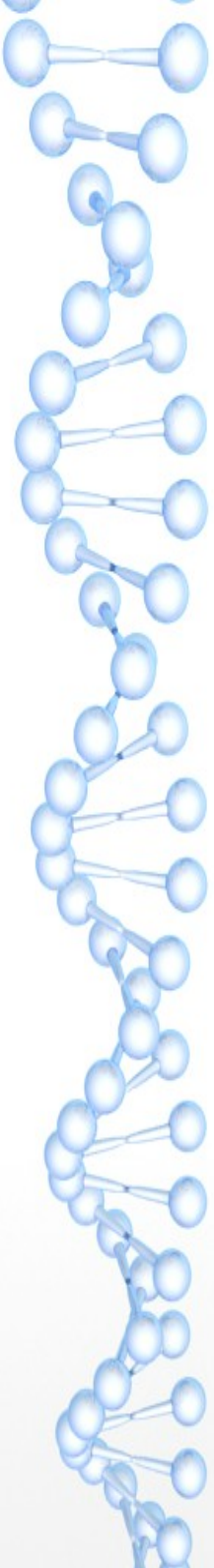
- **Principe** [Brooks 86] :

- Le processus de décision d'un agent correspond à la réalisation d'un ensemble de tâches pour réaliser des comportements.

- Un comportement reçoit en continu des percepts et y associe une action à réaliser

- Plusieurs comportements peuvent être exécutés en même temps. Afin de réaliser un choix, les comportements sont hiérarchisés par ordre de priorité.

- Les comportements sont indépendants et peuvent être ajoutés/retirés d'une architecture.



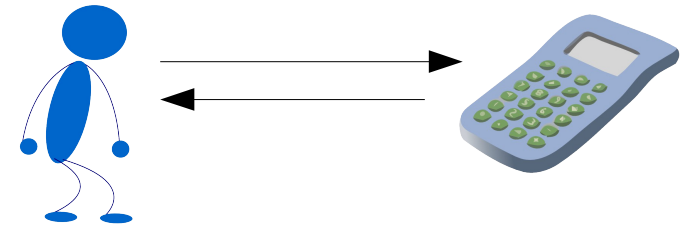
Interaction

Invocation vs interaction

- **Objet** → invocation de méthode

- Envoi de message (bloquant)

- Obtention du résultat



- **Agent** → interaction

- On transmet de l'information au destinataire

- Non bloquant (système réparti)

- il répond quand il veut (asynchrone)

- il peut ne pas répondre (panne)

- il peut répondre n'importe quoi (autonomie)



→ mécanisme d'interaction !

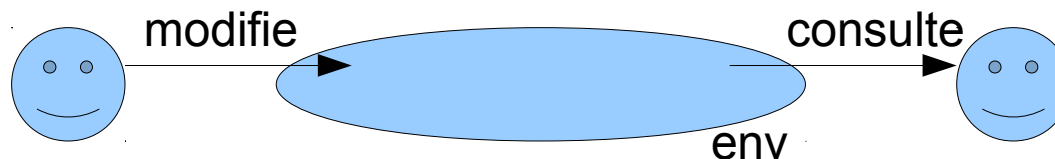
Interactions M.A.

- Avec l'environnement

- Synchrones et bloquant → invocations !

- Avec les autres agents

- Via l'environnement → interaction indirecte

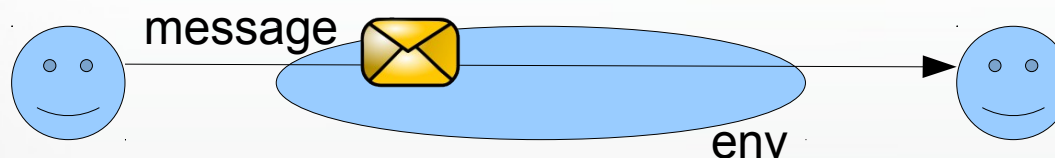


Agents réactifs

- Modèle « blackboard »

- Réparti + interface → artefacts (Ricci & Omicini)

- Par envoi de message → interaction directe



- Support = environnement !

Interaction indirecte

Stigmergie

- Principe

- Les échanges d'informations passent par une modification de l'environnement

- Origine

- P.P. Grassé 59, La théorie de la Stigmergie : Essai d'interprétation du comportement des termites constructeurs, Insectes Sociaux, 6, 1959, p. 41-80.

- Exemple :

- concentrations locales de phéromones
- Modification de toile chez des araignées sociales.





Interaction

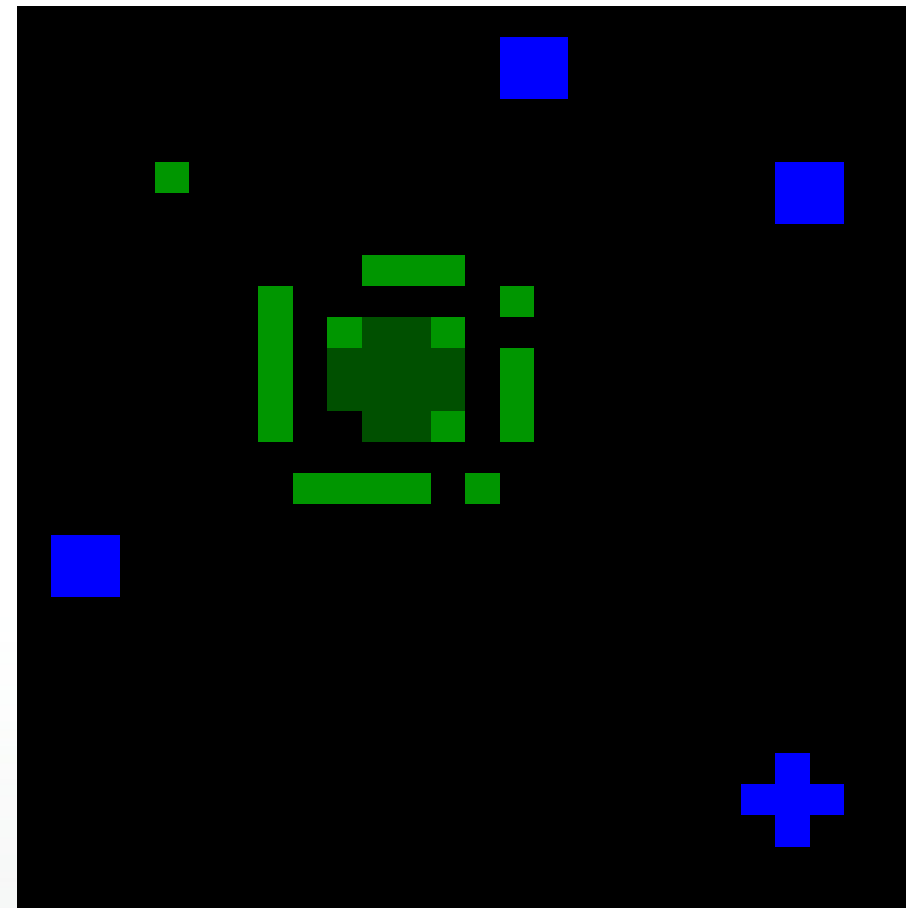
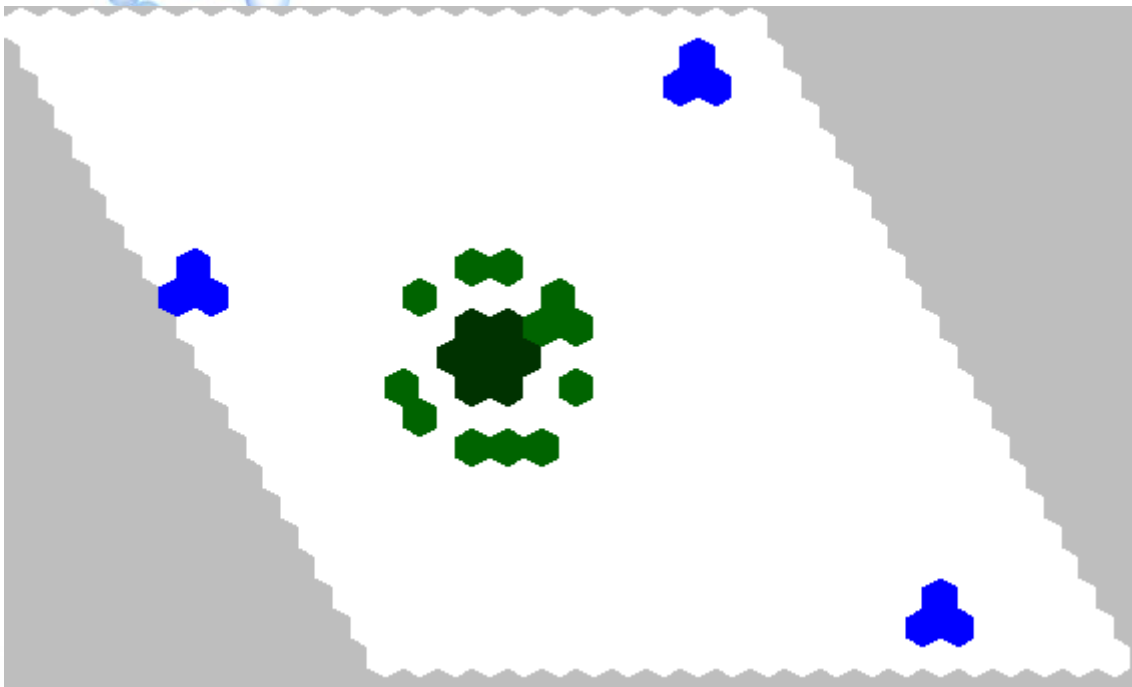
Phéromones

- Dans [Florkin66] une coactone désigne toute substance chimique responsable d'une interaction entre deux organismes.
- Phéromone, du grec *pherein* (transporter) et *hormân* (exciter) (syn. phéro-hormone, phéromone), désigne tout produit chimique sécrété à l'extérieur du corps et qui lorsqu'il est reçu par un individu de la même espèce provoque une ou plusieurs réactions spécifiques.
- Substance spécifique d'une espèce :
 - Chez les insectes : Sexuelles (papillon, Reine des abeilles); Alarme et défense (abeille, Fourmis).
 - Chez les vertébrés : Marquage de territoire, reconnaissance de l'espèce, accouplement.

Stigmergie

Exemple

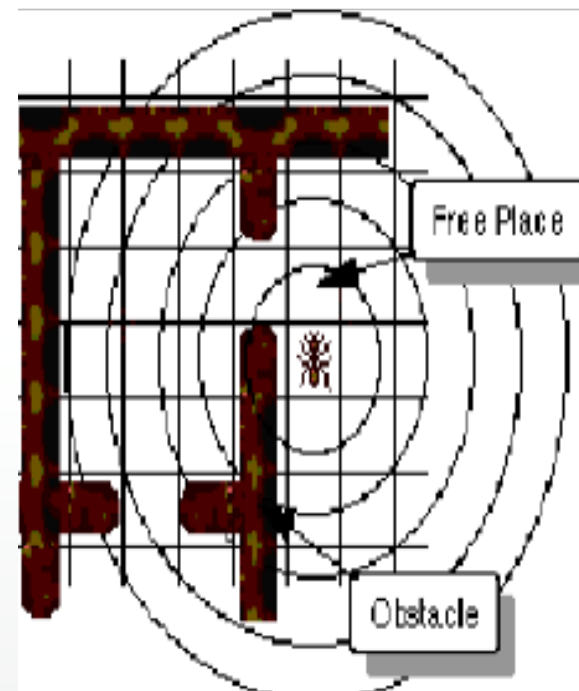
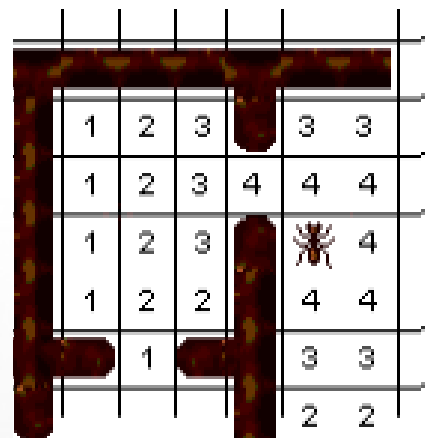
- Colonies de fourmis

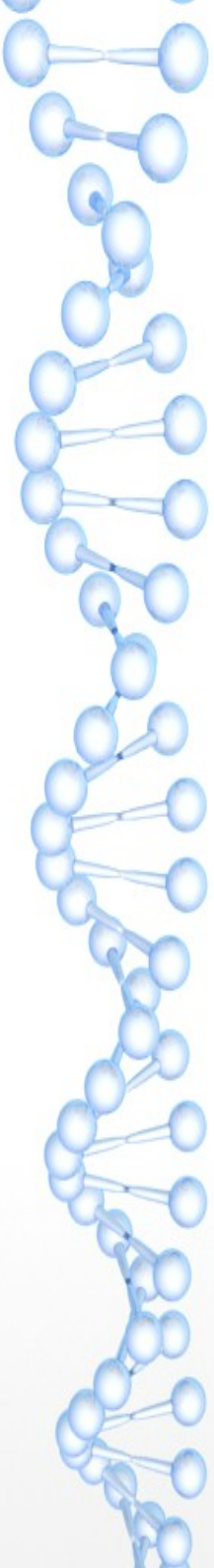


Stigmergie

Exemple

- Manta [Corbara 93]
 - Environnement : à la fois espace topologique et médium de communication entre agents
 - chaque agent propage des stimuli sous forme de gradients dans l'environnement
 - les stimuli sont perçus et interprétés par les autres agents



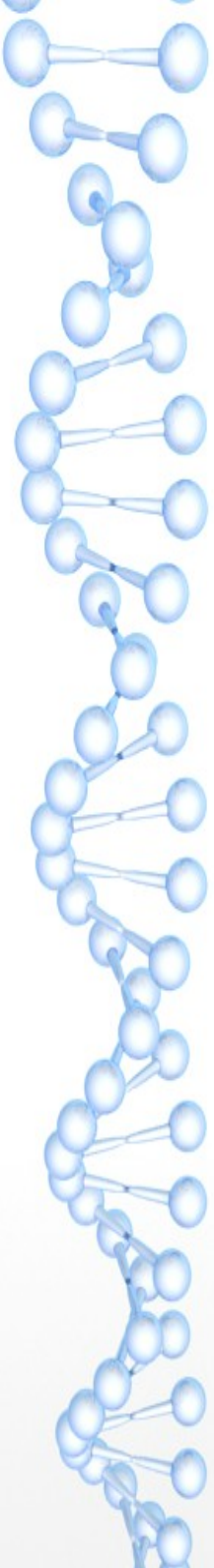


Organisation

Organisation

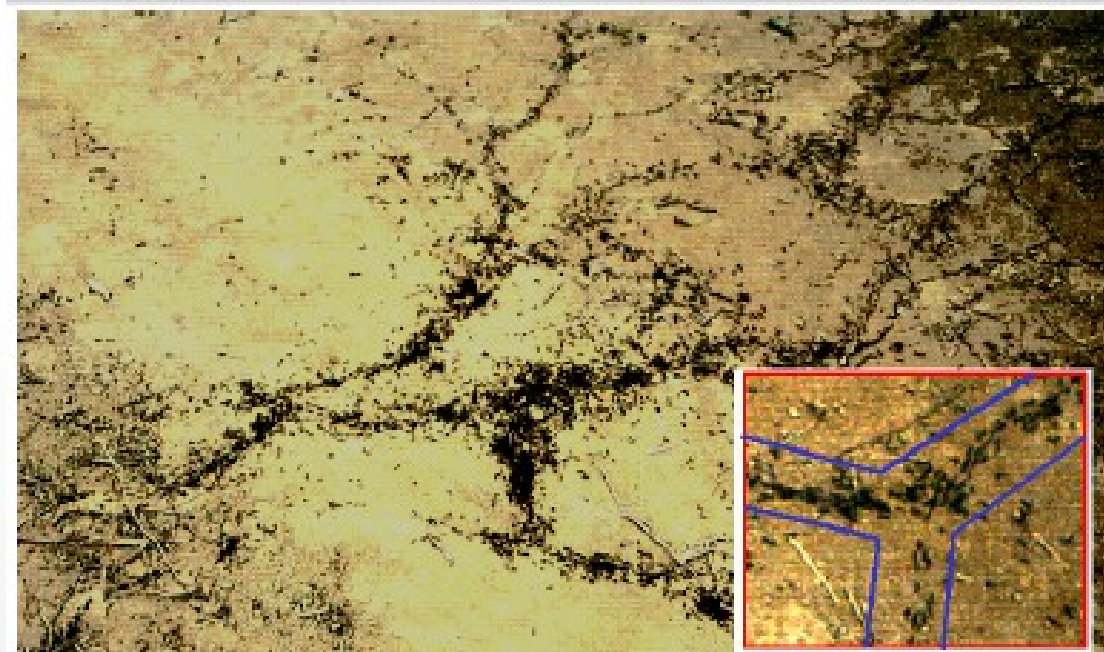
Définition

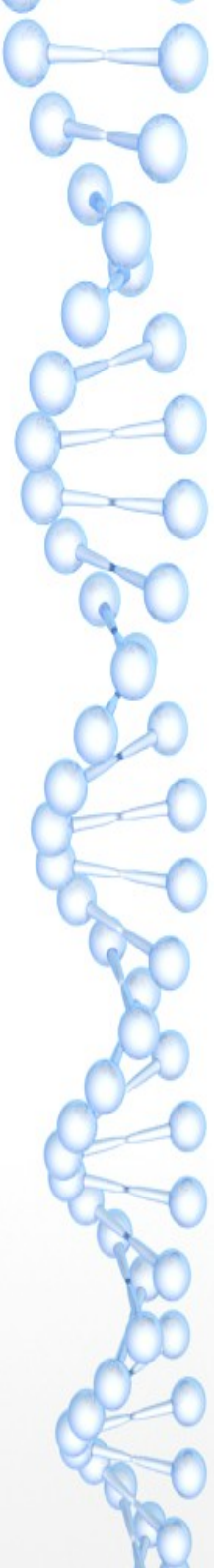
- L'organisation est un phénomène supra-individuel.
- Définie par le concepteur ou les acteurs afin d'accomplir un but.
- Cadre de coopération prédéfinis...
... ou émergents !



Organisation

- Organisation des agents par rôles, hiérarchies, hétérarchies...
- Utilisation de rétro-actions dans les groupes :
 - positive pour la **morphogénèse** (Extension)
 - négative pour la **morphostase**. (Stabilisation)





Utilisateur



Utilisateur

Agents réactifs = simulation

2 types d'utilisateurs:

- Client → Interface de gestion des simulations (environnement, IHM)

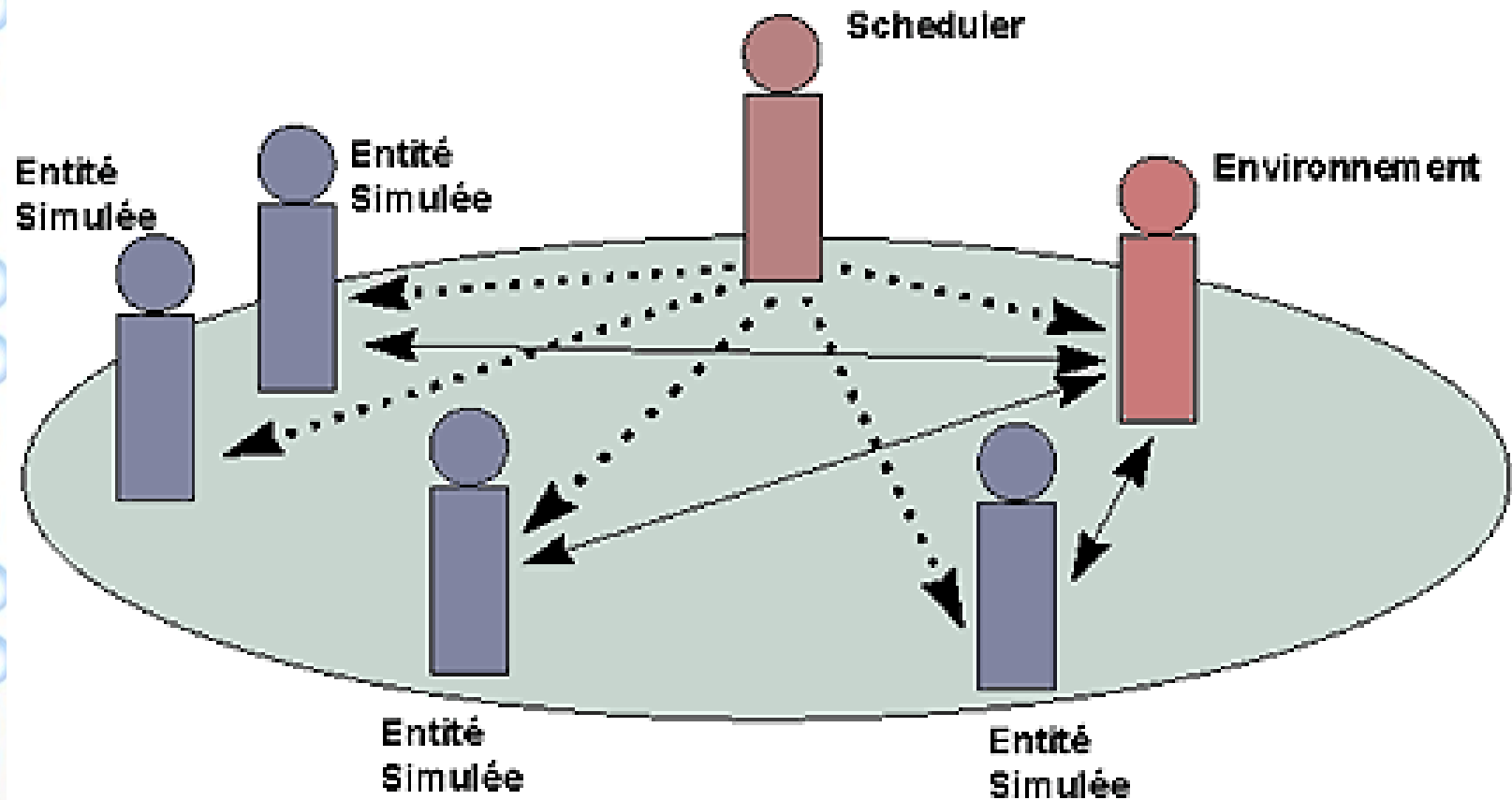
- Réalité Virtuelle → Interaction avec les agents



Plan

- Introduction
 - Principe, propriétés, exemple.
- Mise en œuvre
 - Environnement : modélisation,
 - Agent : algorithme, architecture,
 - Interaction : stigmergie,
 - Organisation : discussion.
- Exemple
 - PF : Madkit
 - Ségrégation sociale
 - Plus court chemin,

Exemple de PF : Madkit Simulation





Exemple

Ségrégation sociale

- Modèle de Schelling :
 - Comment se forment les phénomènes de ségrégation spatiale ?
- Modélisation Agent : décisions locales et patterns émergents



Exemple

Ségrégation sociale

- Automate cellulaire
 - Grille 2D : habitations vides ou habitées
 - Agents positionnés sur cette grille
- N communautés, chaque agent appartient à une communauté
- Initialisation aléatoire



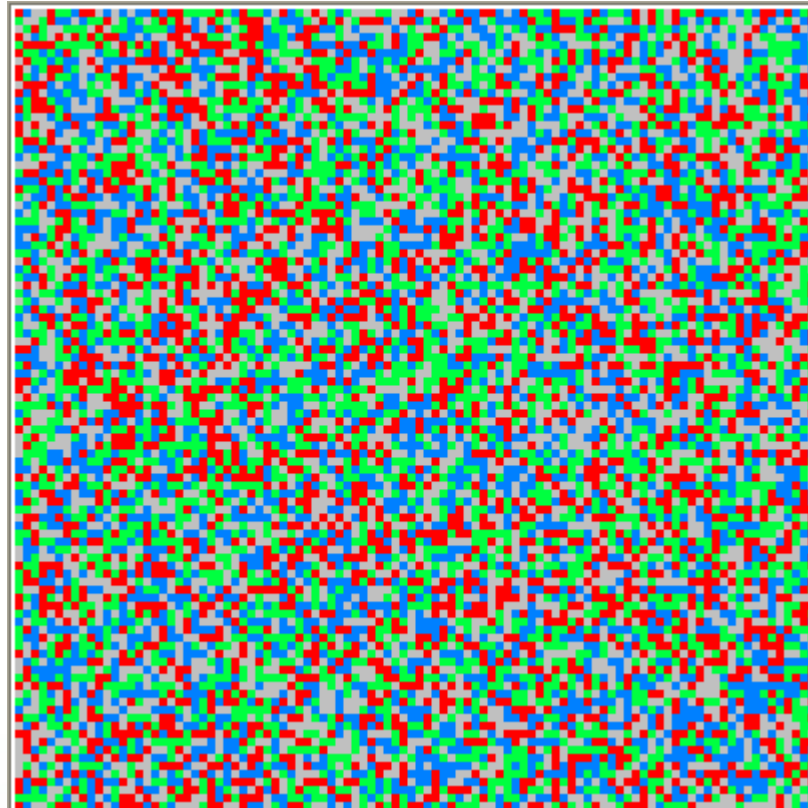
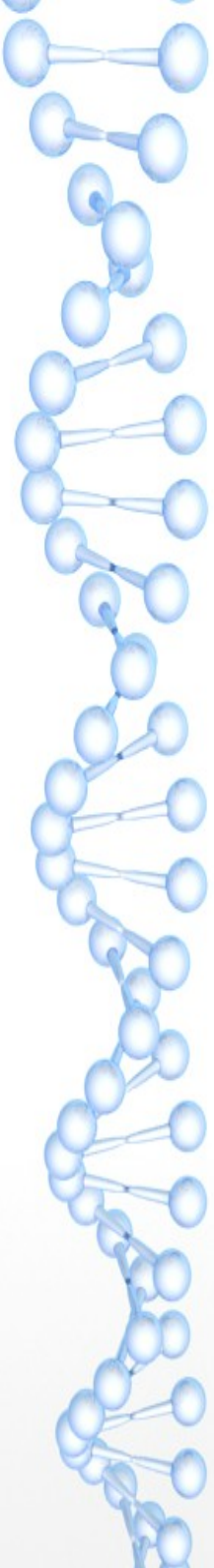
Exemple

Ségrégation sociale

- Transitions :
 - Si une cellule est libre, un agent peut venir l'habiter, à probabilité égale
 - Si une famille est entourée à plus de 70 % par des familles d'une autre communauté, dans un rayon de 5 cellules, elle déménage

Exemple

Ségrégation sociale





Exemple

Voyageur de commerce

- **Objectif :**

- trouver le chemin le plus court entre n villes, qui passe une seule fois par chaque ville. Cycle hamiltonien minimal dans un graphe pondéré.

- **Principe approche par agent réactif**

- Fourmi : analyse une partie des solutions,

- Dépose des phéromones en fonction des villes parcourus.



Exemple

Voyageur de commerce

- **Ant Colony Optimization :**
 - Résolution de problèmes combinatoire basés sur une analogie avec les mécanismes mis en œuvre dans les colonies de fourmis
 - Les fourmis se déplacent en déposant des phéromones et sont attirées par elles
 - Décision collective du plus court chemin



Exemple

Voyageur de commerce

- Description informelle :
 - Chaque arc se voit attribuer, en plus de sa distance, un taux de phéromones
 - Les fourmis font un tour complet des villes selon des règles probabilistes : emprunter le chemin le plus court et le plus riche en phéromones
 - A chaque itération :
 - Evaporation des phéromones
 - Augmentation du taux en fonction de la longueur des parcours

Voyageur de commerce

Modélisation

- Environnement invariant

- $G = (V, E)$ graphe complet ;

- V ensemble des sommets = villes ;

- E ensemble des arcs valués = distance d_{ij} entre 2 villes ;

- $c_i, c_j \in V$ et $d_{ij} = d(c_i, c_j) \in E$.

- Environnement modifiable

- Nombre d'agents sur chaque sommet

- $\tau_{ij}(t)$: quantité de phéromones artificielles déposées par les agents fourmis sur chaque arête (i, j) .

- Agent

- Fonction de perception : sommets de son voisinage et phéromones des arcs

- Fonction d'action : souhait de l'arc à ajouter à la solution

- Mémoire des arcs visités

Voyageur de commerce

Modélisation

- **Environnement invariant**

- $G = (V, E)$ graphe complet ;

- V ensemble des sommets = villes ;

- E ensemble des arcs valués = distance d_{ij} entre 2 villes ;

- $c_i, c_j \in V$ et $d_{ij} = d(c_i, c_j) \in E$.

- **Environnement modifiable**

- Nombre d'agents sur chaque sommet

- $\tau_{ij}(t)$: quantité de phéromones artificielles déposées par les agents fourmis sur chaque arête (i, j) .

- **Agent**

- Fonction de perception : sommets de son voisinage et phéromones des arcs

- Fonction d'action : souhait de l'arc à ajouter à la solution

- Mémoire des arcs visités

Voyageur de commerce

Paramétrage

- Probabilité du choix de l'arc (1)

$$p_{ij}^k = \begin{cases} \frac{(\tau_{ij}(t))^\alpha (\eta_{ij})^\beta}{\sum_{l \in J_k(i)} (\tau_{il}(t))^\alpha (\eta_{il})^\beta} & \text{si } j \in J_k(i) \\ 0 & \text{si } j \notin J_k(i) \end{cases}$$

- Modification de la quantité de phéromones (2)

$$\Delta\tau_{ij}^k(t) = \begin{cases} \frac{Q}{L_k} & \text{si } (i,j) \in T_k(t) \\ 0 & \text{si } (i,j) \notin T_k(t) \end{cases}$$

- Evaporation (3)

$$\tau_{ij}(t+1) = (1 - \rho)\tau_{ij}(t) + \sum_{k=1}^m \Delta\tau_{ij}^k(t)$$



Voyageur de commerce

Algorithme

for $t = 1..t_{max}$ **do**

for all fourmi $k = 1..m$ **do**

 Choisir une ville au hasard

for all ville non visitée i **do**

 Choisir une ville j , dans la liste J_i^k des villes restantes
 selon la formule (1)

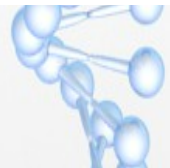
end for

 Déposer une piste $\Delta\tau_{ij}^k(t)$ sur le trajet $T^k(t)$ selon la
 formule (2)

end for

 Évaporer les pistes selon la formule (3)

end for





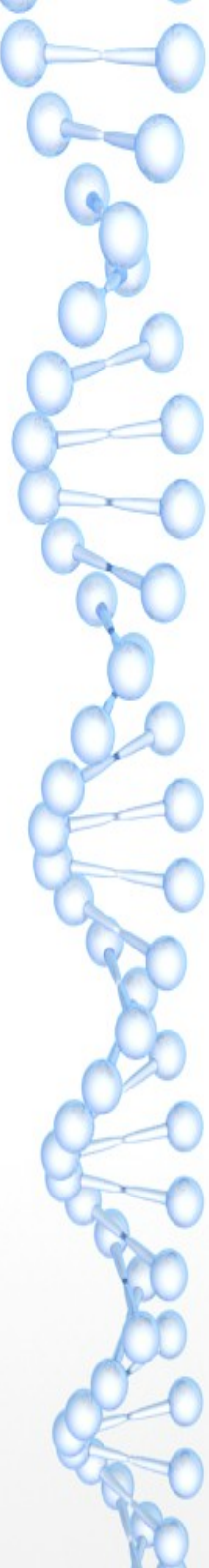
Exemple

Voyageur de commerce

- Résultats de la méthode :
 - Heuristique aussi bonne ou meilleure que les algorithmes génétiques, évolutionnaires dans le cas général
- Performant en statique et dynamique
- Espace de paramètres importants !
- Exemple d'utilisation :
 - Routing (acheminement de paquets IP) : les fourmis modifient les tables d'adressage, l'évaporation permet de gérer la dynamique
 - Problèmes RO (coloration de graphes...)

Agent réactifs

Discussion

- 
- Avantages
 - Economique
 - Simplicité de développement
 - Robuste
 - Élégance

Agent réactifs

Discussion

- Limites

- Agent n'ayant pas de représentation de l'environnement doit pouvoir accéder à suffisamment d'information de son environnement local.
- Information limitée = maximum locaux
- Difficile de développer des agents avec de multiples comportements, la dynamique des interactions devenant trop complexe.
- Agents bêtes = concepteur intelligent

