

# Systemes Multi-Agents : Modélisation et simulation informatique de comportements collectifs

## Chapitre III Différentes approches de Conception et applications

## Cheminement...

- Introduction
- Les différents concepts
- ✓ Différentes approches de Conception et applications
  - ✓ Approche organisationnelle
  - ✓ Approche émergentiste
  - ✓ Qq plate-formes
- Système Multi-Agents et Ethologie

## III Les différentes approches de conception

- Les **approches orientées agents** :
  - Spécification et formalisation des **comportements** des agents **individuels**, tâches (DESIRE, GAIA, AALAADIN)
  - Avec introduction de la communication
  - Réutilisation de mono-agents pré-existants
  - $\cong$  approche DPS
- Inconvénient :
  - ne prend pas en compte la dynamique du groupe (pas de réorganisation possible)
  - mais intéressant dans le cadre « assistant logiciel personnel »

## Les différentes approches de conception (suite)

- Les **approches organisationnelles** :
  - spécification des interactions à travers la notion de rôle, de **relation** entre rôles et de groupes d'agents, scénarii (MASB, MaSE)
  - (analogie : construction d'une maison par des ouvriers, plan change -> structuration des tâches change)
  - $\cong$  approche agent cognitif de type BDI

## Les différentes approches de conception

### ➤ Les approches émergentistes :

- distinguent un micro-niveau d'agents en **interaction** d'un macro-niveau où se produit le phénomène global,
- de ces interactions **émergent** des structures organisationnelles, la réalisation d'une tâche ou la constitution d'une solution (phénomène d'auto-organisation) (CIRTA, ADELFE)
- (analogie : ensemble de cellule -> organe)
- $\cong$  approche agent réactif

## III.1 Approche organisationnelle

### ➤ L'**Organisation** avec l'Interaction sont des concepts clés des Sma

### ➤ Organisation a 2 sens (cf chapitre 2) :

- Agencement de relations entre « individus »
  - Délégation de tâches
  - Transfert d'information
  - Transfert d'engagement
  - Synchronisation d'actions
- Le processus d'élaboration d'une structure
  - Aspect dynamique => réorganisation de l'ens. des entités

## Approche organisationnelle

- Les différents niveaux d'analyse d'une organisation
  - L'analyse fonctionnelle
  - L'analyse structurale

## Approche organisationnelle : Analyse fonctionnelle

- Décrit les **fonctions** d'une organisation Multi-agent :
  - Définition des agents : quelques fois pas si simple
  - Identification des principales **fonctions** que les agents de cette organisation doivent remplir : **rôles**

## Analyse fonctionnelle : Différents types de fonctions que peut remplir un agent dans un rôle

### ➤ Différents types de fonctions

- Fonction représentationnelle
- Fonction organisationnelle  
« qui fait quoi ? »
- Fonction conative « quoi ? »
- Fonction interactionnelle
- Fonction productive

### ➤ Explications

- Modélisation de l'envt, mémorisation des évènements
- Planification, allocation, suivi de tâches (« fct manager »)
- Générer les buts ou tendances BDI, pression sociale (« fct décideur »)
- Interaction avec l'envt, communication avec agents
- Activité primitive : travail effectif (« fct ouvrier »)

## Approche organisationnelle : Analyse structurale

- Tente de donner un ordre à l'ensemble des interactions possibles :
  - Décrire les formes d'interrelations entre les classes fonctionnelles d'agents (les rôles)
  - Et la manière dont elles évoluent dans le temps
- 2 types de relations organisationnelles :
  - Statiques : squelette de l'organisation (préexistent à tout fonctionnement)
  - Dynamiques : les relations sont modifiées lors des interactions

## Approche organisationnelle : Différentes relations organisationnelles [Ferber 97]

Relations	Statique	Dynamique (relations qui peuvent être modifiées lors des interactions)
Accointance ( <i>A connaît B</i> )		
De communication ( <i>il existe un canal de communication entre A et B</i> )		
Subordination	Maître/Esclave	Demande de service
Opérative	Dépendance entre tâches	Engagement de faire
Informationnelle	Dépendance entre savoirs	Engagement de « validité »
Conflictuelle ( <i>A et B sont en conflit pour une ressource</i> )		
Compétitive ( <i>Compétition entre A et B</i> )		

UFR Math-Info

Université de Nancy 2

## Application au pb de l' Allocation de tâches

Le Problème :

- Soit un ensemble d'agents  $\{a\}$  possédant quelques compétences  $\{c\}$  pour traiter des tâches ou les décomposer
- Un ensemble de tâches à résoudre T
- On affecte les tâches aux agents (aléatoirement)
- Comment faire pour que toutes les tâches soient traitées ?

Un problème : la tâche T qui nécessite la compétence C2 est affectée à l'agent A qui ne possède pas cette compétence !

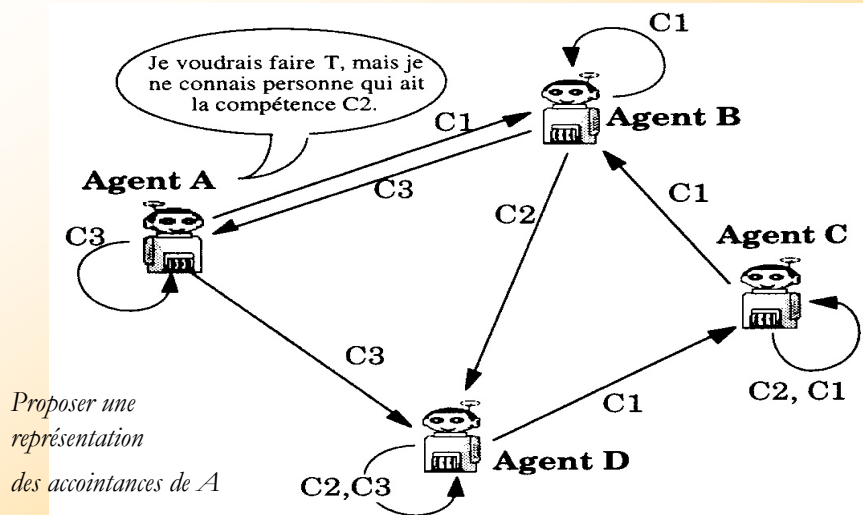
*Comment résoudre ce problème ?*

Christine Bourjot  
UFR Math-Info

MASTER M2 SCIENCES COGNITIVES  
Université de Nancy 2

12

## Solution 1 : Allocation par réseau d'accointance



Christine Bourjot  
UFR Math-Info

Université de Nancy 2

13

## Allocation par réseau d'accointance

- Chaque agent dispose d'une table de compétences des agents qu'il connaît

- Agent A

	A	B	C	D
C1	0	1	0	0
C2	0	0	0	0
C3	1	0	0	1

- Agent B ...

- Allocation **directe** : un agent ne peut allouer une tâche qu'à un agent qu'il connaît directement

Christine Bourjot  
UFR Math-Info

MASTER M2 SCIENCES COGNITIVES  
Université de Nancy 2

14

## Allocation par réseau d'accointance

### ➤ Allocation par **délégation**

- Permet de relier des agents qui ne se connaissent pas directement
- Un agent incapable d'effectuer une tâche qu'on lui demande la renvoie à un autre agent qu'il connaît

⇒ Algorithme de parcours de graphes en parallèle

## Solution 2 : Allocation par appel d'offre Modèle des réseaux contractuels

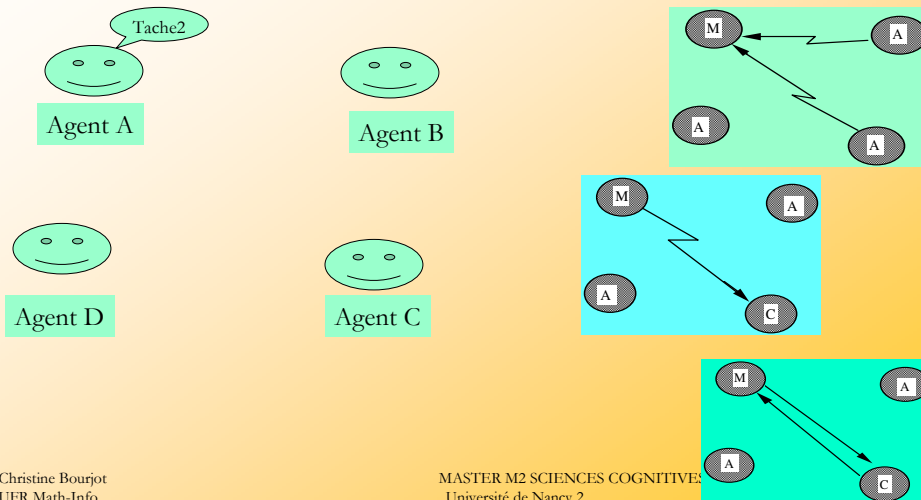
- Mode d'allocation dynamique de tâche
- Protocole où un agent peut être
  - Manager (délègue une tâche)
  - Contractant (traite la tâche)
- Communication par messages



# Principe du protocole

- Manager
  - Décompose une tâche en sous tâches (compétences)
  - Prévient **tous** les agents : annonce de tâche
- Contractants potentiels
  - À l'écoute
  - Retiennent les tâches intéressantes (qu'il peuvent réaliser)
  - Font une offre
- Manager sélectionne une offre et la retient

## Allocation de Tâches par appel d'offre



## Avantages du modèle

- Contrôle distribué
- Organisation dynamique
- Tolérance aux pannes (ré-affectation)

## Limites

- Nombre de communications élevé (diffusion)
- Inter dépendance entre tâches pas gérée
- Pas globalement optimal :  
exemple :
  - X,Y contractants; A, B managers
  - Avec le tableau de degré « d'efficacité » de réalisation des tâches demandées :

	X	Y
A	0,9	0,8
B	0,8	0,2

## Diapositive 19

---

**b1** fin séance 5  
bourjot; 12/10/2009

## III.2 Approche émergentiste

- **Intelligence collective** (swarm intelligence):
  - un grand nombre d'individus simples en interaction.
  - Le résultat du travail collectif par le biais des **interactions** entre individus et avec leur **environnement** est complexe et possède des **propriétés émergentes**.
  
- **Inspiration biologique** :
  - société d'insectes avec des mécanismes de feedback positif comme la **stigmergie** (renforcement, ...),
    - Comportement d'une fourmilière /t aux capacités « cognitives » des fourmis...
    - Termites
  - Nuées d'oiseaux (flocking), bancs de poissons

## Approche émergentiste (2)

- **Agents** :
  - Simples, nombreux
  - Plutôt réactifs : comportement local, perception/action , stimulus/réponse
  - Pas ou peu de mémoire, de plans, de buts ...
  
- **Interactions** :
  - Nombreuses, locales, sans communications directes et explicites

## Diapositive 21

---

**CB3**    arret séance 5  
bourjot; 03/10/2011

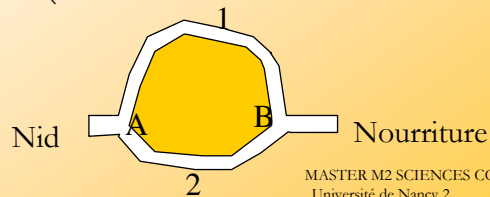
## Approche émergentiste (3)

### ➤ Environnement :

- Rôle essentiel : média des interactions, mémoire externe

### ➤ Organisation :

- Phénomène d'auto-organisation
- Résultat = Émergence de structures spatio-temporelles stables (ex. : file de fourmis = chemin le + court)

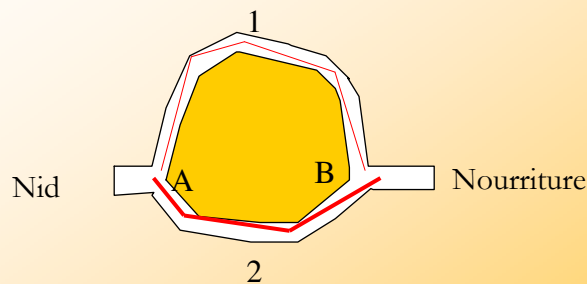


Christine Bourjot  
UFR Math-Info

MASTER M2 SCIENCES COGNITIVES  
Université de Nancy 2

23

## Exemple d'Émergence de structures spatio-temporelles stables : fourragement chez les fourmis



- Dépose de phéromones
- Attraction des fourmis pour les phéromones
- Après plusieurs aller/retour, choix collectif du plus court chemin !

Christine Bourjot  
UFR Math-Info

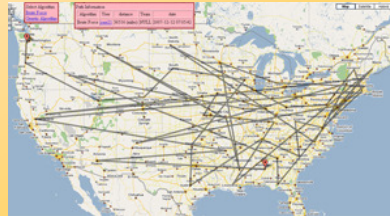
MASTER M2 SCIENCES COGNITIVES  
Université de Nancy 2

24

## Approche émergentiste

### Exemple de résolution de pb avec Mécanisme d'inspiration biologique:

- Problème du voyageur de commerce
  - Trouver le chemin le plus court pour visiter N villes toutes interconnectées
- Résolution par pose de marques (inspiré des traces de phéromone de fourmis) (Dorigo)



Christine Bourjot  
UFR Math-Info

25

b2

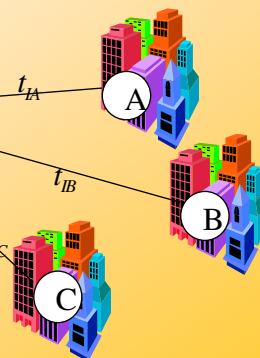
## N fourmis dans le graphe des villes

$t_{ij}$ : quantité de phéromone sur l'arc  $ij$

$j_i^k$  Ensemble des villes accessibles depuis la ville  $i$  par la fourmi  $k$  que celle-ci n'a pas encore visité



Mémoire des villes visitées



$$P_{ij}^k(t) = \frac{[t_{ij}(t)]^\alpha}{\sum_{h \in j_i^k} [t_{ih}(t)]^\alpha}$$

$P_{ij}^k(t)$  = Probabilité de la fourmi  $k$  partant de la ville  $i$  d'aller à la ville  $j$  à l'instant  $t$

Christine Bourjot  
UFR Math-Info

MASTER M2 SCIENCES COGNITIVES  
Université de Nancy 2

26

## Diapositive 26

---

**b2**      arret séance 5  
            bourjot; 11/10/2010



## « Des Fourmis au voyageur de commerce »

- Nouvelle famille d'algorithmes ACO : Ant Colony Optimization (comparable aux méthodes des algorithmes génétiques sur TSP)
- Conférence Internationale « ANT »
- Plusieurs adaptations pour les problèmes d'optimisation
  - coloriage de graphe
  - routage de véhicules
- Adaptation pour routage dans des réseaux

## Propriétés de l'approche émergentiste (1)

- Avantages :
  - Niveau conception : agents **simples**, cognition limitée, interactions simples
  - Niveau système :
    - **robustesse** pour certaines plages de paramètres due à l'aspect dynamique de la solution
    - **adaptation** aux perturbations environnementales, apparition/disparition d'agents, changement de fonctions,
    - résolution effectivement distribuée ...
    - communication limitée

## Propriétés de l'approche émergentiste (2)

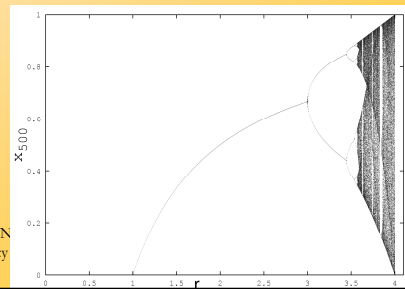
### ➤ Inconvénients :

- Niveau conception :
  - comment relier le but global aux comportements locaux des agents ?
  - comment faire interagir les agents pour répondre au pbme posé ?
  - comment **assurer** que la solution va émerger ?
- Niveau système : obéit aux dynamiques des systèmes non linéaires =>
  - phénomènes de bifurcation,
  - sensibilité aux conditions initiales
  - régime stable mais aussi oscillant, chaotique

Exemple de fonction non linéaire :  
Application logistique  $x_{n+1} = r x_n (1 - x_n)$   
et son diagramme de bifurcation

UFR Math-Info

Université de Nancy



## Approche émergentiste : actuellement

- Manque un peu de méthodologie pour la **conception**,  
résolution de problème
- Bien adapté à la **modélisation** des systèmes complexes
  - Permet leur compréhension par expérimentation  
(complémentaire aux études mathématiques limitées)
  - Par exemple : les phénomènes d'**auto-organisation** en biologie,  
écologie, sociologie ...

## Approche émergentiste Autres exemples : modèle d'EcoRésolution (Ferber)

## Exemple : Eco-résolution (Ferber)

- On reformule le problème de manière qu'il soit conçu comme un ensemble d'agents en interactions qui tentent de satisfaire individuellement leur propre but.

## Principe général de l'Eco-résolution

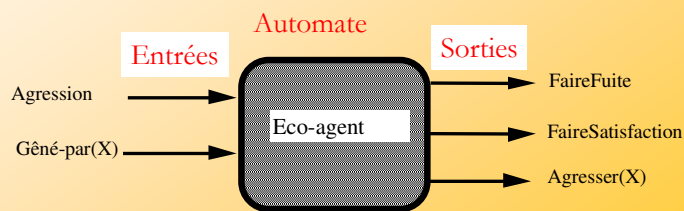
- Chaque agent tente de réaliser son but, s'il perçoit un gêneur il l'agresse.
- Un agent agressé tente de fuir en tenant compte des contraintes de son agresseur
- Ce schéma se reproduit et fait évoluer le système jusqu'à ce qu'il aboutisse à un état stable (satisfaction de tous les agents), la solution du problème

## ECO-Agents (1)

- Répondent aux principes
    - **d'autonomie**
    - **de localité**
- 
- Les actions de l'agent sont la conséquence de ses **perceptions** locales et de ses **relations** avec les autres
- Comportement par défaut: **recherche continue d'un état de satisfaction !**
  - Si un agent est gêné il **agresse son gêneur en lui transmettant sa contrainte**
  - L'agent agressé a **obligation de fuir**
    - en tenant compte de la contrainte reçue
    - **s'il ne peut pas il agresse à son tour ses gêneurs**

## ECO-Agents (2)

- Chaque éco-agent est caractérisé par
  - Un but : généralement défini par une relation de satisfaction vis-à-vis d'un autre agent
  - Un état interne : qui peut être
    - satisfait
    - en recherche de satisfaction
    - en recherche de fuite
    - en fuite
  - Des actions élémentaires : dépendent du domaine
  - Une fonction de perception des gêneurs : c'est-à-dire de l'ensemble des agents qui l'empêchent d'être satisfait ou de fuir



Christine Bourjot  
UFR Math-Info

MASTER M2 SCIENCES COGNITIVES  
Université de Nancy 2

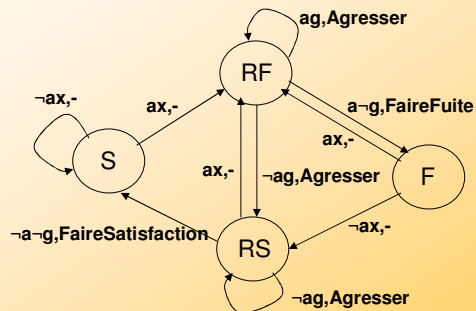
35

## Graphe de l'automate d'un agent

Etats internes : S=Satisfaction, RS=Recherche de Sat. RF=Recherche de Fuite, F=Fuite

Entrée : <a : Agression, g : Gêneurs, x : indifférent>

Sortie : < Agresser, ..., - : pas d'action>



Christine Bourjot  
UFR Math-Info

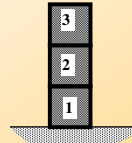
MASTER M2 SCIENCES COGNITIVES  
Université de Nancy 2

36

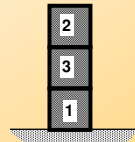
## Mise en œuvre : intervenir 2 cubes dans une pile

### ➤ Résolution du problème

- Etat initial
  - ensemble d'agents en situation



- Critère de terminaison



- Chaque agent est décrit par son but et son état

## Mise en oeuvre

### Résolution

si insatisfait (état)

trouver un état de satisfaction (but)

si gêné (état)

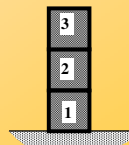
trouver un gêneur et l'agresser (but dépend des relations de dépendance)

si agressé (état)

fuir (but)

3 : je voudrais être au-dessus de 1

2 : je voudrais être au dessus de 3



# Mise en oeuvre

## Succession d'agressions et fuites

Rappel :

3 : je voudrais être au-dessus de 1

2 : je voudrais être au-dessus de 3

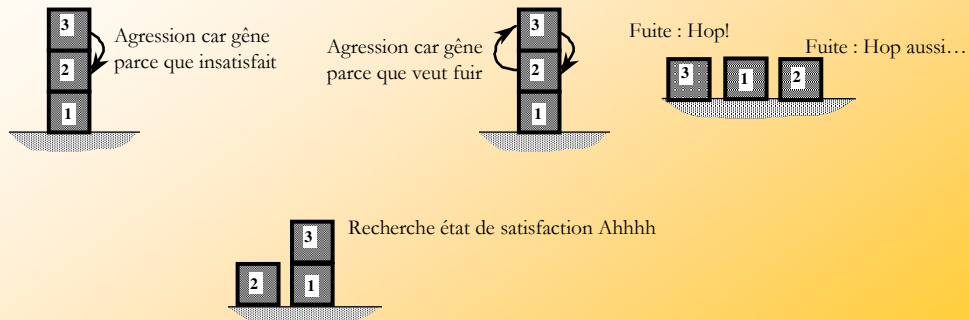


Illustration A. Dutech, Maia Loria

Christine Bourjot  
UFR Math-Info

MASTER M2 SCIENCES COGNITIVES  
Université de Nancy 2

39

## Avantages :

- Technique de **résolution complètement distribuée**
  - **pas d'explosion combinatoire**
  - pas de techniques de planification
- "Le plan" "émerge" des interactions...

Christine Bourjot  
UFR Math-Info

MASTER M2 SCIENCES COGNITIVES  
Université de Nancy 2

40

## Inconvénients :

- Nécessité de reformuler le problème en éco-agents (est-ce toujours faisable ?)
- Il faut prévoir des mécanismes évitant les boucles
- Donne une solution mais pas nécessairement l'équivalent du plan optimal
- La solution est un état stable → est-ce réaliste pour des agents situés mobiles (robots) ?

## Modèle + abouti : O. Simonin-Ferber

- SAT-ALT satisfaction-altruisme

Proposition de 3 types de satisfactions pour un agent [SAB2000 Simonin-Ferber]

- Satisfaction **personnelle** =  $f_1$ (progression de la tâche individuelle) → **P**
- Satisfaction **interactive** =  $f_2$ (interactions avec le voisinage) → **I**
- Satisfaction **d'empathie** =  $f_3$ (Satisfactions **P** du voisinage) → **E**



### III.3 Les Plate-formes (OFTA 04)

- Elles rassemblent des outils de natures très différentes pour une certaine généricité et réutilisation dans le développement de Sma
- **Plate-forme de simulation** : reproduit l'environnement ou le comportement d'un système complexe afin d'en étudier la dynamique (CORMAS, Geamas, Mice, Swarm, Starlogo, Netlogo,...)
- **Plate-forme d'exécution** : propose des outils d'implémentation à partir de modèles particuliers (pas de méthode)(JADE, JACK, ABE-IBM...)
- **Plate-forme de développement** : sert de support à une méthode en fournissant des outils pour assister une démarche de conception (ADELPHE, AgentBuilder, Madkit, ...)

### Les Plate-formes actuelles (2)

- un effort est fait vers une certaine **standardisation** de l'offre
- Les SMA se sont dotés de leur propre Organisme de normalisation : la **FIPA** (foundation for Intelligent Physical Agents)
- Accompagnée d'acteurs puissants : IBM, Fujitsu, Sun, HP, Motorola ...
- Tout est loin d'être traité ...