

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 !

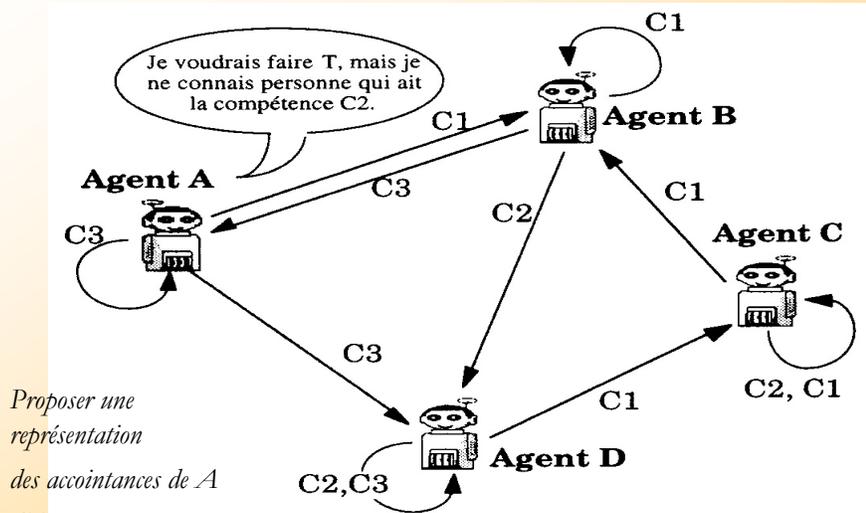
Comment résoudre ce problème ?

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

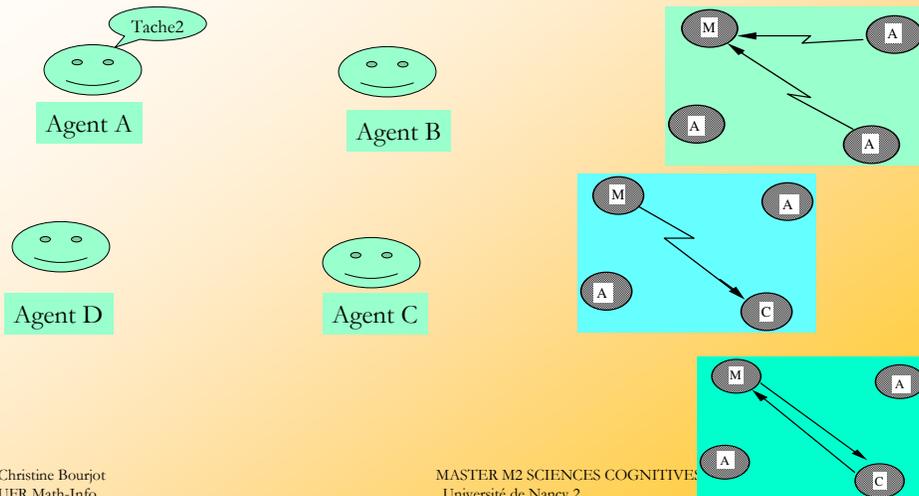
Solution 2 : Allocation par appel d'offre Modèle des réseaux contractuels

- 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

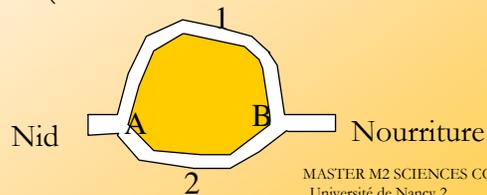
Approche émergentiste (3)

➤ 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)

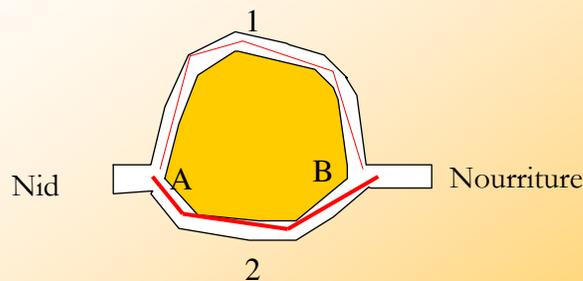


Christine Bourjot
UFR Math-Info

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 !

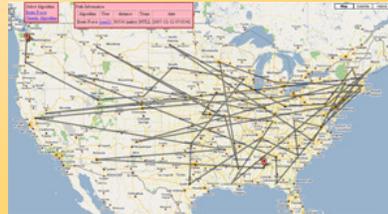
Christine Bourjot
UFR Math-Info

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

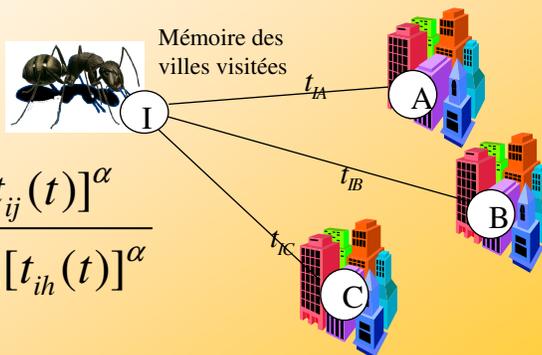
N fourmis dans le graphe des villes

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

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

$P_{ij}^k(t)$ = 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)

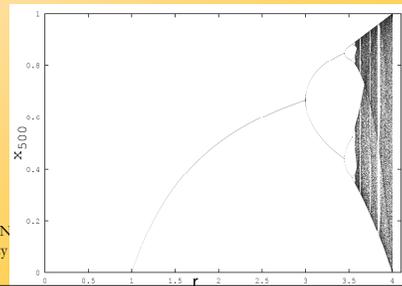
➤ Inconvénients :

- 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

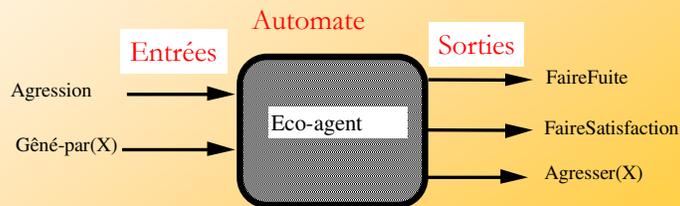
- Chaque agent tente de réaliser son but, s'il perçoit un gêneur il l'agresse.
- Un agent agressé tente de fuir en tenant compte des contraintes de son agresseur
- Ce schéma se reproduit et fait évoluer le système jusqu'à ce qu'il aboutisse à un état stable (satisfaction de tous les agents), la solution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

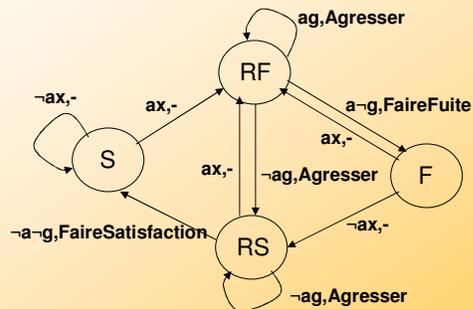
35

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

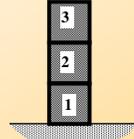
MASTER M2 SCIENCES COGNITIVES
Université de Nancy 2

36

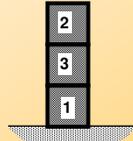
Mise en œuvre : intervenir 2 cubes dans une pile

➤ 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)

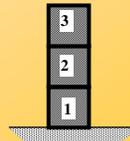
trouver un gêneur et l'agresser (but dépend des relations de dépendance)

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

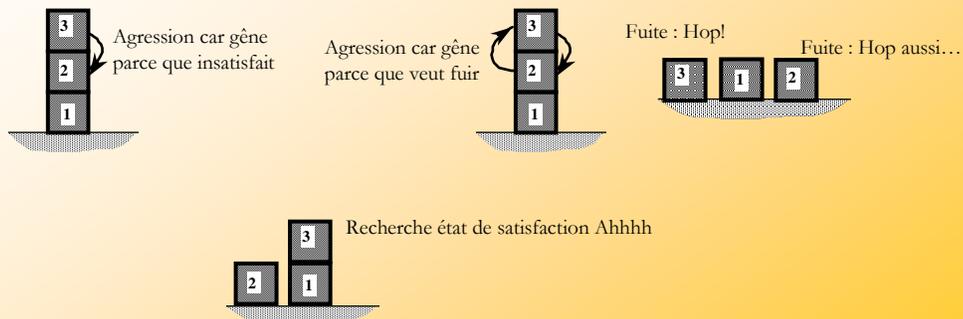


Illustration A. Dutech, Maia Loria

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 ...