

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

Chapitre II

Les différents concepts et composants d'un SMA

Cheminement...

- Introduction
- ✓ Les différents concepts et composants d'un SMA
 - ✓ Agent
 - ✓ Interaction
 - ✓ Environnement
 - ✓ Organisation
 - ✓ (Utilisateur)

- Différentes approches de Conception et applications
- Système Multi-Agents et Ethologie + *film rats-piscine*

II Les différents concepts et composants d'un SMA

Problème central : de quel **comportement** doter les **agents** et comment les faire **interagir** entre eux et avec **l'environnement** pour répondre au « problème » posé ? Ce qui est complexe est qu'il n'est pas possible de définir à l'avance les séquences temporelles des différentes interactions entre les agents.

Méthode « Voyelle » : définir les composants d'un système multi-agents selon 5 concepts A,E,I,O,U :

- **A** : Agent
- **E** : Environnement
- **I** : Interaction
- **O** : Organisation
- **U** : Utilisateur (cf Cours Assistant Intelligent)

Concept 1 : Agent

➤ Un Agent est défini par (cf cours Agent M1 SC):

- Architecture interne : son état + un raisonnement pour la décision
- +
- Architecture externe : senseur pour la perception, effecteur pour l'action

- Selon le degré de couplage de l'agent à l'environnement on peut considérer plusieurs catégories d'agent :



Christine Bourjot
UFR Math-Info

MASTER M2 SCIENCES COGNITIVES
Université de Nancy 2

5

Agent réactif / Agent cognitif

Métaphore Biologique

Pas de modèle symbolique représentant l'environnement

Communication via l'environnement,

Interaction par traces déposées dans l'environnement (phéromones, ...)

Comportement Réflexe (stimulus/réponse)

Métaphore Sociologique / psychologique

Représentation explicite de leurs connaissances et des autres agents

Modèle de communication directe par message

Interaction mise en œuvre par le biais de langage d'interaction basé sur la théorie des actes de langage

Comportement avec décision délibérative

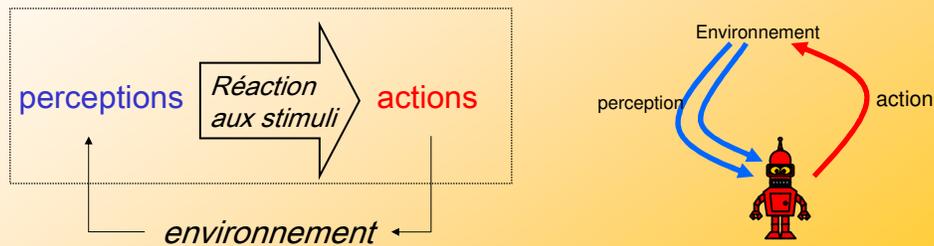
Subdivision un peu trop simpliste => modèles hybrides

6

b7

Architecture réactive

L'agent possède un **mécanisme de réaction** directement connecté à **ses perceptions**, ne prenant en compte ni une explication des buts, ni des mécanismes de planification.



Christine Bourjot
UFR Math-Info

MASTER M2 SCIENCES COGNITIVES
Université de Nancy 2

7

CB11

Coordination d'Agents réactifs

- La coordination d'agents réactifs s'inspire de mécanismes issus de la biologie comme la théorie de la stigmergie définie par (Grassé, 67) sur les insectes sociaux :

« ... *the intentional coordination of individual tasks is an illusion; all is only a strict automatism. The adaptation to circumstances holds first in the reactions of the workers to various stimuli, and these reactions to a given stimulus are always identical if the internal state of the subjects does not change.* »

- **Stigmergie sematectonic** : communication via la modification de l'environnement physique. Exemple : construction d'une termitière, construction collective de toile d'araignées sociales, ...
- **Stigmergie à base de signaux**, communication via des signaux, par exemple en utilisant des phéromones. Notons que cette stigmergie ne contribue pas directement à la tâche donnée.

Christine Bourjot
UFR Math-Info

MASTER M2 SCIENCES COGNITIVES
Université de Nancy 2

8

Diapositive 7

b7 rajouter la stigmergie
bourjot; 27/09/2010

Diapositive 8

CB11 rajouter démos
bourjot; 12/09/2011

Agents réactifs : Architecture à subsomptions (R. Brooks 1986)

- Architecture à subsomption (architecture interne) : la + connue des architectures d'agents réactifs
- 3 idées clés : comportement intelligent peut être généré
 - (1) sans représentation explicite (à l'encontre de l'IA symbolique)
 - (2) sans raisonnement abstrait explicite (à l'encontre de l'IA symbolique)
 - (3) l'intelligence est une propriété émergente de certains systèmes complexes due aux **interactions**.

Agents réactifs : Architecture à subsomptions (2)

2 caractéristiques :

- La **prise de décision** d'un agent est réalisée à travers un ensemble de **modules comportementaux** correspondant à la tâche à réaliser. Comportement implémenté sous la forme de

règles : situation → action

- Pour la **résolution de conflit** lorsque plusieurs comportements peuvent être déclenchés à un instant donné :
 - arranger les modules d'action dans **une hiérarchie de subsomptions** selon différentes couches
 - les hauts niveaux peuvent inhiber les niveaux inférieurs

Diapositive 9

CB12 arret séance 2
bourjot; 12/09/2011

Exercice : les robots explorateurs

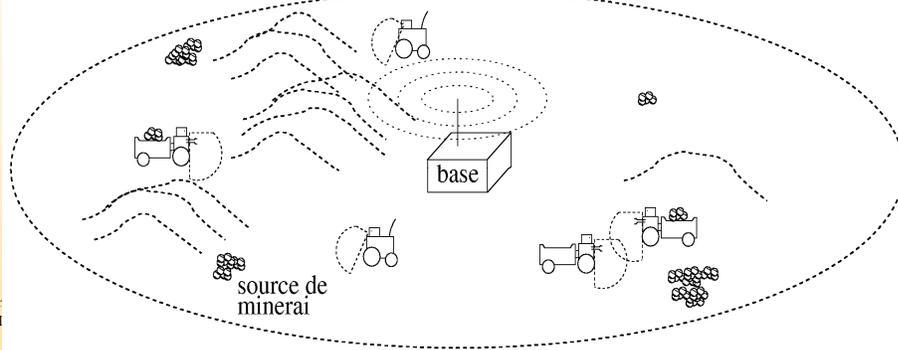
L'objectif est de réaliser un collectif de robots pour explorer une planète éloignée.

Le but de ces robots est de **collecter des échantillons de minerais** sur le sol. La localisation de ces échantillons est inconnue au départ.

Les robots mémorisent la **localisation de la base** d'où ils viennent et où ils doivent ramener les minerais collectés.

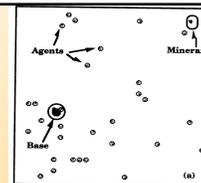
Ils n'ont **pas de carte détaillée** de la région à explorer, par contre ils savent que cette région comporte des **obstacles** infranchissables et **interdisant la communication directe**.

Pour simplifier, on suppose qu'un robot possède une énergie lui permettant de fonctionner indéfini



CB10

Robots explorateurs



Ces robots doivent coopérer pour collecter les échantillons le + efficacement possible.

*Dans le cadre de l'architecture à subsomption **définir** :*

- *Les actions d'un robot*
- *Les règles ou modules comportementaux d'un robot 'solitaire'*
- *La hiérarchie de subsomptions*

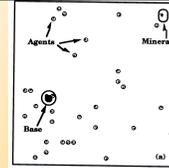
*Même question pour un ensemble de **robots coopératifs***

Diapositive 12

CB10 voir cours O. Simonin
bourjot; 12/09/2011

Réponse possible : modules comportementaux :

- Explorer
- Prélever
- Aller à la base
- Déposer
- Éviter obstacle

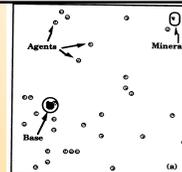


Modules comportementaux pour robot sous forme de règles (**non coopératif**)

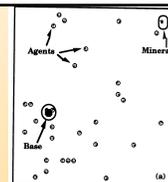
- règle 1 : *si* détecte un obstacle *alors* changer de direction
- règle 2 : *si* porte un échantillon et à la base *alors* déposer l'échantillon
- règle 3 : *si* porte un échantillon et pas à la base *alors* suivre gradient (aller à la base)
- règle 4 *si* détecte un échantillon *alors* le prélever
- règle 5 *si* vrai *alors* se déplacer aléatoirement

Imaginons que le robot ait le choix entre la règle 1 et la règle 3. Que doit-il faire ?

Même question pour les règles 4 et 3. => hiérarchie de déclenchement ?



Architecture à subsomptions

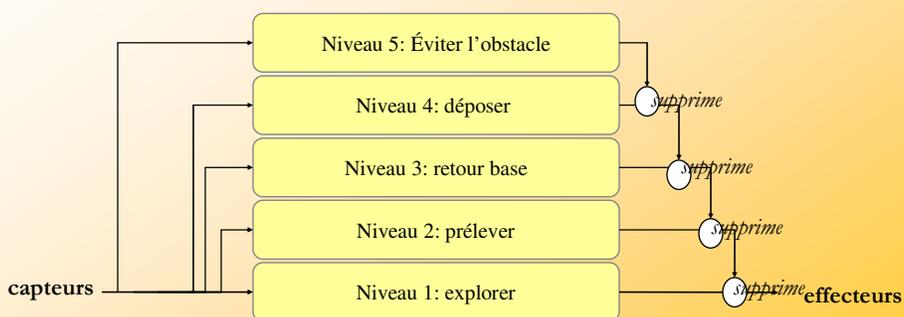


Hierarchie des priorités de déclenchement des modules d'action :

Priorité de règle1 > règle2 > règle3 > règle4 > règle5

Exemple d'implantation de l'architecture à subsomption

➤ Robots explorateurs de Mars (Steels 89)



Priorité Niveau 5 > priorité Niveau 4 > ...

Exemple de règles pour robots coopératifs

Comment rendre les robots coopératifs ?

Poser 2 marques « radioactives » au retour et enlever 1 marque à l'aller :

=> la règle 3 est remplacée par :

règle 3bis : *si* porte un échantillon et pas à la base *alors* lâcher 2 marques radioactives et suivre gradient (retour)

=> une nouvelle règle :

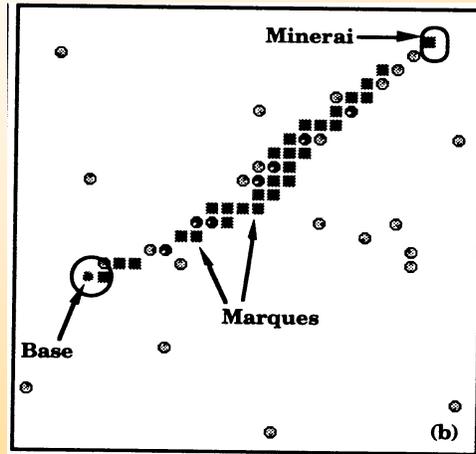
règle 6 : *si* perçoit des marques *alors* retirer 1 marque et suivre le gradient (aller)

Hiérarchie des priorités de déclenchement ?

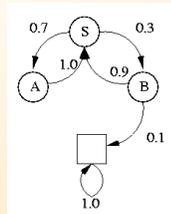
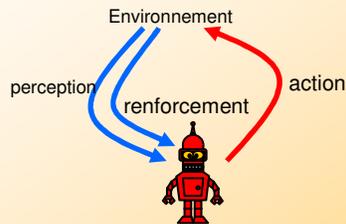
règle1 > règle2 > **règle3bis** > règle4 > **règle6** > règle5

règle6 > règle 5 : le robot choisira préférentiellement de suivre une marque plutôt que de se déplacer aléatoirement.

Pose de marques



Agent « moins réactif », avec apprentissage par renforcement (cf cours Agent et apprentissage numérique de M1 SCA)



Entité informatique capable de prendre des décisions d'apprendre par l'expérience



PDM(PO) avec modèle a priori inconnu
Optimisation numérique

Connexionnisme
Sciences cognitives

Apprentissage par renforcement et PDM (rappel)

- Dans un problème d'apprentissage par renforcement [1], un agent évoluant dans un environnement aléatoire doit cumuler un maximum de récompenses en choisissant au fil du temps la meilleure politique, c'est-à-dire la meilleure réaction possible à ses observations.
- Une telle situation est modélisée par un processus de décision markovien (PDM) : on suppose que la suite des états (\mathbf{X}_t) que traverse l'agent est une chaîne de Markov dont les noyaux de transitions successifs $\mathbf{P}(\mathbf{X}_{t+1} \in \mathbf{X} \mid \mathbf{X}_t; \mathbf{A}_t)$ sont contrôlés par les actions (\mathbf{A}_t) choisies en fonction des observations précédentes, et on admet que la récompense \mathbf{R}_t reçue à chaque instant est une fonction (aléatoire) de l'état courant.
- Quand les propriétés probabilistes de l'environnement sont connues, la détermination de la politique optimale, qui constitue le problème dit de **planification**, est typiquement un problème de programmation dynamique.
- Mais quand l'environnement est inconnu, il n'existe pas de solution générale au problème, et le choix d'une politique doit s'appuyer sur des **procédures d'estimation**.

[1] Neuro-dynamic programming (1996), D.P. Bertsekas and J.N. Tsitsiklis, Athena Scientific.

Procédures d'estimation

- Le choix de l'agent se base sur l'estimation directe de la performance des différentes politiques qui s'offrent à lui : la question est donc d'abord de savoir évaluer une politique le plus efficacement possible.
- Soit on passe par l'estimation des paramètres du modèle, c'est-à-dire des lois de transition et des distributions des récompenses (on parle de méthodes model-based).

Et avec plusieurs agents ?

- Processus de décision markovien décentralisés DEC-MDP ou INTERAC-DEC-MDP (Thèse V. Thomas)
- Souvent la recherche de la politique optimale se limite à quelques agents (sinon trop grande complexité algorithmique)

Agents cognitifs : architecture BDI « Beliefs, Desires, Intentions »

- Fondés sur des extensions de la logique
 - Raisonnement pratique (*Practical Reasoning*) en philosophie
 - issu de l'Analyse « des Fins et des Moyens » d'Aristote (*Means-End Reasoning*)
- Deux processus
 - Décider quels buts poursuivre = « Fins »: Quoi ? ⇔ délibérations
 - Décider comment les réaliser = « Moyens » : Comment ?

Exemple d'analyse « des Fins et des Moyens » (*Aristote*)

« BUT : Je **veux** emmener mon fils à l'école.

Quelle est la différence entre ce que j'ai et ce que je veux ? **une distance**.

Qu'est-ce qui change une distance ? Mon automobile. Mon automobile est en panne.

De quoi ai-je besoin pour la faire fonctionner ? Une batterie neuve.

Qui a des batteries neuves ? Un garage. Je **veux** que le garage mette une batterie neuve;

Le garage ne sais pas que je veux une batterie neuve.

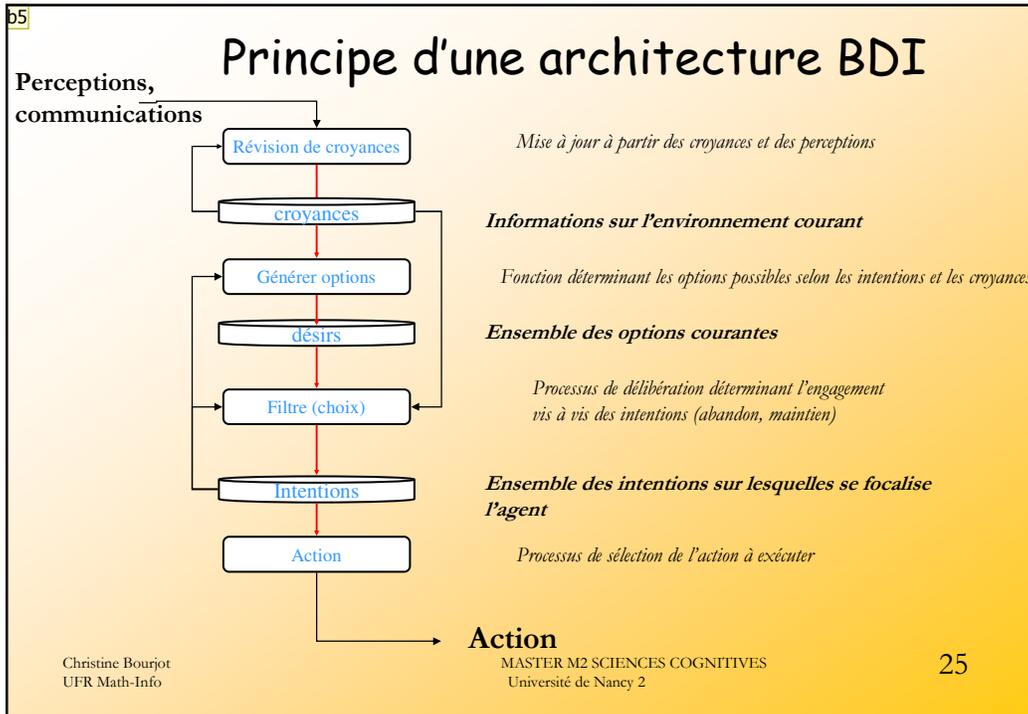
Quelle est la difficulté ? **De communication**.

Qu'est-ce qui permet de communiquer ? Un téléphone ... »

Analyse sous forme de séquences : de **fin**, de **fonction** nécessaire et de **moyen** qui réalise cette fonction.

Architecture BDI « Beliefs, Desires, Intentions » (suite)

- Face à une décision : « Practical reasoning »
 - Avoir certaines informations, connaissances sur le problème (« *Beliefs* »)
 - Envisager les options possibles et les états que l'agent souhaite atteindre (« *Desires* »), les états peuvent être contradictoires
 - Choisir certains états à atteindre (« *Intentions* »)



Concept 2 : Interaction

➤ Définitions

- Toute action (ou ensemble de) qui **affecte** l'agent dans la réalisation de son but, de sa tâche.
- Mise en **relation dynamique** de deux ou de plusieurs agents par le biais d'un ensemble d'actions réciproques.
- Existence d'une interaction lorsque la **dynamique** propre d'un agent est perturbée par les **influences** des autres

Christine Bourjot
UFR Math-Info

MASTER M2 SCIENCES COGNITIVES
Université de Nancy 2

26

Diapositive 25

b5

arret séance 3
bourjot; 05/10/2009

Interaction (suite)

➤ Exemples

- Construction d'une maison par plusieurs ouvriers
 - types d'interaction :
Synchronisation, Exclusion mutuelle, Communication
- Collision de voitures
- Mise en commun d'expertises

Situations d'interaction (selon Ferber)

➤ Classement des situations d'interaction selon les buts, les ressources et les compétences des agents :

- Buts **compatibles** ou **incompatibles**
- Ressources **suffisantes** ou **insuffisantes**
- Compétences individuelles **suffisantes** ou **insuffisantes**

⇒ différentes situations d'interaction

Indifférence, coopération, **antagonisme**

Classement des situations d'interactions (Ferber 95)

Buts	Ressources	Compétences	Situations (I,C,A)
Comp.	Suff.	Suff.	<i>Indépendance</i>
Comp	Suff.	Insuff.	<u>Collaboration simple</u>
Comp	Insuff.	Suff.	<u>Encombrement</u>
Comp	Insuff.	Insuff.	<u>Collaboration coordonnée</u>
Incomp	Suff.	Suff.	Compétition individuelle pure
Incomp	Suff.	Insuff.	Compétition collective pure
Incomp	Insuff.	Suff.	Conflits individuels pour des ressources
Incomp	Insuff.	Insuff.	Conflits collectifs pour des ressources

Indifférence, Coopération ou **Antagonisme**

Christine Bourjot
UFR Math-Info

MASTER M2 SCIENCES COGNITIVES
Université de Nancy 2

29

Interaction (suite)

➤ Caractéristiques dans les SMA :

- Assurer un comportement **global cohérent** du système (coopération, collaboration, ...) répondant aux objectifs globaux à satisfaction

Malgré

- l'absence de communication entre les agents (selon leurs capacités, préférences, connaissances, ...)

concept central dans les SMA

Christine Bourjot
UFR Math-Info

MASTER M2 SCIENCES COGNITIVES
Université de Nancy 2

30

Problématique de l'interaction

Étant donné un ensemble d'agents interagissant dans un environnement commun :

- **Identifier**, reconnaître les **situations d'interactions**
- **Gérer** ces situations d'interaction reconnues

⇒ **Comment** : au sein de l'agent ? Entre agents ? Au travers de l'environnement ? Au travers de l'organisation ? Au travers des échanges ? ...

Interaction (suite)

➤ Différentes formes :

- Actions sur le monde par modification de l'environnement :
stigmérie quantitative, qualitative, sematectonique, à base de signes, ...
- Communication directe = dialogue :
Envoi de messages point à point, diffusion totale, restreinte, ...
- Communication indirecte = Partage d'informations :
via un tableau noir, panneau d'affichage, site Internet, ...

Diapositive 31

CB14 arret séance 3
bourjot; 19/09/2011

Diapositive 32

CB13 bourjot; 19/09/2011

Interaction via l'environnement : la stigmergie

- **Théorie sur la stigmergie, Grassé 1967 : construction du nid chez les insectes sociaux (termites)**

Hypothèse : La coordination intentionnelle des tâches individuelles est une illusion; tout relève d'un strict automatisme. L'adaptation aux circonstances provient d'abord de la réaction des travailleurs à des stimuli variés et ces réactions à un stimulus donné sont toujours identiques si l'état interne des sujets ne change pas.

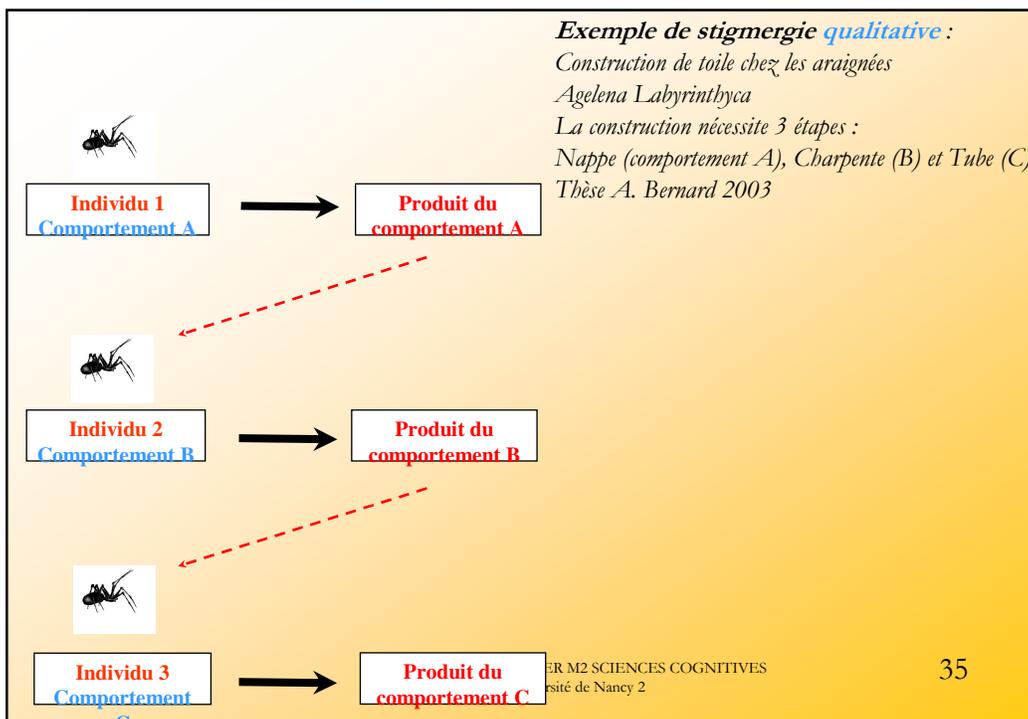
Explication : La stigmergie explique la logique des actions, qui n'est pas le fait des acteurs, mais est liée aux travaux précédents agissant comme un stimulus important qui contrôle péremptoirement la réaction des travailleurs.

**Stigmergie : « Stimulation des travailleurs par l'œuvre qu'ils réalisent. »
ou
« c'est l'œuvre qui guide l'ouvrier et non l'inverse »**

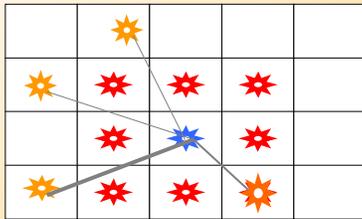
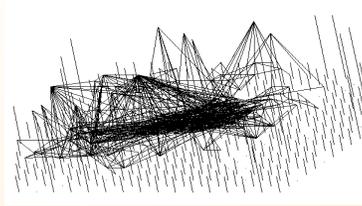
Stigmergie : ≠ classifications

- Wilson (2000)
 - Stigmergie sématectonique : relève d'une « communication » via une modification de l'environnement physique.
 - Stigmergie à base de signes : relève de la « communication » via un mécanisme de signalisation, par exemple les phéromones. Elle ne contribue pas directement à la tâche à réaliser (≠ sématectonique)
- Bonabeau et al. (1999)
 - Stigmergie quantitative : Les stimuli ne diffèrent pas qualitativement, mais modifient la probabilité d'une action par l'intermédiaire d'un renforcement positif. (+ il y a de phéromones sur un chemin + il y a de chance de prendre le chemin)

Réponse : Stigmergie à base de signes et quantitative



Modèle de simulation



UFR Math-Info

Environnement :

- grille carrée composée de piquets de différentes hauteurs
- fils tissés

Agents réactifs: araignée

- Déplacement de piquet en piquet (adjacents ou reliés par un fils)
 - Pose aléatoire de soie au sommet d'un piquet
- Choix d'action stochastique
- probabilité contextuelle pour le déplacement
 - probabilité constante de pose

Interaction via l'environnement :

- Les fils déjà tissés influencent le comportement des autres araignées

MASTER M2 SCIENCES COGNITIVES
Université de Nancy 2

37

Modèle de simulation

➤ *Dynamique*

- Principe stigmergique :
- **Attraction** des individus pour la soie:
Plus il y a de fils vers un piquet plus il y a de chance d'y aller

➤ *Résultat attendu*

- Une toile commune et finie

Christine Bourjot
UFR Math-Info

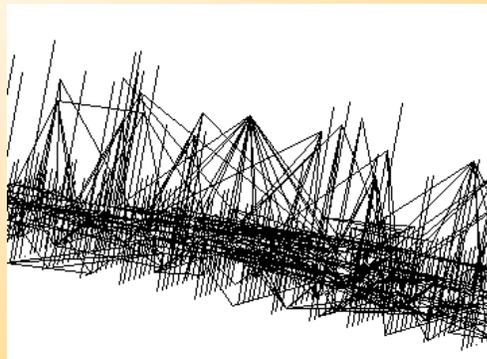
MASTER M2 SCIENCES COGNITIVES
Université de Nancy 2

38

Résultats: ressemblance visuelle



Structure soyeuse chez *Anelosimus eximius*



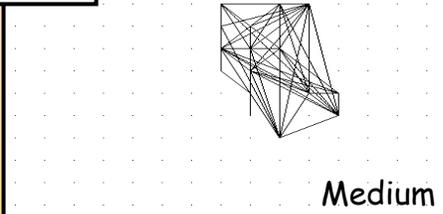
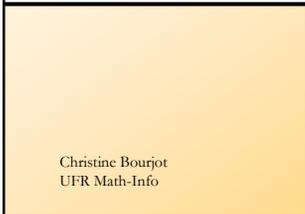
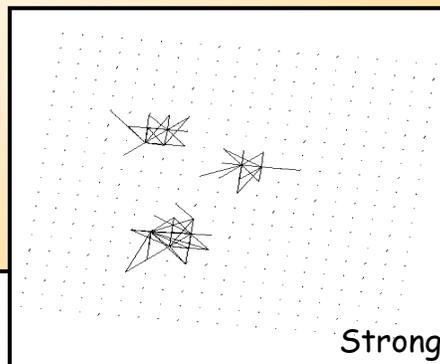
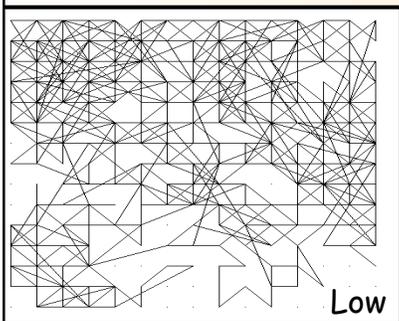
Simulation

Christine Bourjot
UFR Math-Info

MASTER M2 SCIENCES COGNITIVES
Université de Nancy 2

39

Résultats: Influence du **coefficient d'attraction** de la soie (3 araignées)



Christine Bourjot
UFR Math-Info

Medium

40

Interaction par la Communication

➤ Problématique de la communication

- **Avec qui** les agents communiquent-ils ?
 - Communication sélective ou diffusée (cf réseau d'acointances)
- **Pourquoi** les agents communiquent-ils ?
 - Coordination d'actions ou négociation
 - coordination : éviter les activités redondantes
 - négociation : c'est l'inverse de la coordination, surtout en environnement compétitif ou avec des agents concurrents ou égoïstes

Problématique de la communication (suite)

- **Quand** les agents communiquent-ils ?
 - Demande ou besoin d'un agent, ...
- **Que** communiquent-ils ?
 - Croyances, intentions, tâches, ...
- **Comment** les agents communiquent-ils ?
 - La communication directe ou indirecte nécessite un **langage de communication** compréhensible
 - La **communication directe** suppose différentes **compétences** au sein d'un agent d'envoi, de réception, d'interprétation de messages

La communication directe : fondements

- Sources multiples : Linguistique, philosophie du langage, psychologie cognitive et sociale, sociologie,
- Communication animale (L3 D. Desor)
- Linguistique (L2 E. Jacquey)
- Philosophie du langage (L2 M. Rebuschi)
- Linguistique informatique, intelligence artificielle (cf cours TAL en M1 SCA de G. Perrier)
- Pragmatique conversationnelle [Habermas] (cf cours « pragmatique du langage » en L3 de F. Duval)
- Intention dans les communications
 - Prise en compte des états mentaux (ex : BDI)(cf cours « philosophie de l'esprit » en L3 ISC et M1 de M. Rebuschi)
- **Théorie des actes de langages** (Speech Acts) [Austin 62, Searle 72, Vanderveken 88](cf cours « interaction langagière » en L3 Sciences Co de F. Duval)

Actes de langage

- Théories des actes de langages sont des théories relatives à l'utilisation du langage (pragmatique)
- Cadre d'analyse des échanges inter humains
- « How to do things with words » (« Quand dire c'est faire ») [Austin 62]
 - ⇒ Toute communication est faite avec l'objectif de satisfaire un but, une intention

Intention pas toujours évidente :

« j'ai froid » peut signifier « ferme la porte », « donne moi mon pull » (requêtes déguisées), « il fait froid » (affirmation)

Diapositive 43

b2 fin cours 4
bourjot; 29/09/2008

Actes de langage (2)

- Importance du caractère communautaire, social et institutionnel du langage
- Communiquer est intentionnel
 - ⇒ envoi d'un message = réalisation d'une volonté

 - ⇒ Le récepteur doit être à même d'inférer l'intention de l'émetteur

 - ⇒ Communications = **actions** de différents types

Actes de langage (3)

- On distingue trois composantes à l'acte
 1. *acte locutoire* : production d'une suite de signes selon les règles syntaxiques d'un langage donné (acte de dire quelque chose)
 2. *acte illocutoire* : acte réalisé en produisant une suite de signes dans un contexte donné, exprimant une intention (⇒ intention du locuteur)

noté $A=F(P)$,
P le **contenu propositionnel** et F la **force illocutoire**.
 3. *acte perlocutoire* : elle porte sur les effets de l'acte vis à vis du destinataire (changement d'état interne, action, ...) (⇒ conséquence, effet sur le destinataire)

Actes de langage : Exemple

Locutoire (émet des sons): « *tu ne dois pas ronger tes ongles* »

Illocutoire (intention) : contenu propositionnel P « *tu ne dois pas ronger tes ongles* » + la force illocutoire F « *je conseille ou j'ordonne* »

Perlocutoire : dissuade ou importune le récepteur

Actes de langage : verbes performatifs

- Typage des messages : Utilisation d'un champ « **force illocutoire** » à l'aide de verbes performatifs pour restreindre les ambiguïtés d'un message
 - Exemples : convaincre, promettre, ordonner

- Exemples de classes de force illocutoire :
 - **Assertif** (assertion ou fait) : penser, affirmer, dire, informer
 - **Directif** (commande) : demander, avertir, réclamer, supplier
 - **Commissif** (engagement) : promettre, garantir, refuser
 - **Déclaratif** (assertion ou fait) : déclarer, stipuler, ratifier
 - **Expressif** (expression d'émotion) : féliciter, excuser, approuver, déplorer

Actes de langage : Succès et satisfaction

- Les conditions de succès et de satisfaction indiquent dans quel cadre l'acte réussit :
- **conditions de succès :**
 - ce qui doit être vérifié dans le cadre de l'énonciation
 - s'appuient principalement sur **F** (force illocutoire)

Ex : l'acte de communication est réussi si le destinataire a compris qu'il fallait fermer la porte, mais l'acte n'est pas forcément satisfait (la porte n'est pas fermée)...
- **conditions de satisfaction :**
 - aspect perlocutoire tiennent compte de l'état du monde résultant de l'acte.
 - s'appuient principalement sur **P** (proposition) et sa valeur de vérité.

Ex : l'acte est satisfait si le destinataire ferme effectivement la porte

Langages de communication basés sur les actes de langage

- Actes de langage = Théorie abondamment utilisée pour spécifier comment communiquer entre agents
- Définition de langages de communication entre agents = **ACL (Agent communication Language)** : exemple **KQML** (Knowledge Query and Manipulation Language) , etc.
- **KQML**
 - Définition d'un ensemble de performatifs
 - Principalement **assertifs** et **directifs**
 - Possibilité d'utiliser différents **langages d'expression du contenu** échangé : KIF, LISP, PROLOG, KQML (imbrication de messages KQML)
 - Permet d'inclure dans le message tout ce qui est nécessaire à sa compréhension

Diapositive 49

b6 **arrêt séance 4**
bourjot; 05/10/2009

KQML

➤ Syntaxe à 3 niveaux :

- Message : pour spécifier le type d'acte (performatif), le langage d'expression du message (PROLOG, ..), et l'ontologie (spécification de vocabulaire, d'objets, de concepts et de relations dans un domaine d'intérêt)
- Communication : pour identifier l'émetteur le récepteur et le message
- Contenu

KQML

(performative_name	}	Niveau message : langage d'expression du message, ontologie (le vocabulaire du domaine)
:language		
:ontology		
:sender	}	Niveau communication
:receiver		
:in-reply-to		
:reply-with		
:content	}	Niveau contenu
)		

Types d'actes

Assertion
Question
Réponse
Requête
Explication
Commande
Permission

Refus
Offre/annonce
Acceptation
Proposition
Confirmation
Rétraction
Démenti, ...

Exemples de messages

(tell
:sender Agt1
:receiver Agt2
:language KIF
:ontology BlockWord
:content (And (Block A) (Block B) (On A
B)))

Quel est le message ?

Exemple

```
(inform
  :sender A
  :receiver B
  :reply-with laptop
  :language KIF
  :ontology ordinateurs
  :content (= (prix HP-Jet) (scalar 1500 USD))
  :reply-by 10
  :conversation-id conv01
)
```

Sender : l'émetteur du message

Receiver : le destinataire du message

reply-with : identificateur unique du message, en vue d'une référence ultérieure

Language : le langage dans lequel le contenu est représenté

Ontology : le nom de l'ontologie utilisé pour donner un sens aux termes utilisés dans le *content*

Content : le contenu du message (l'information transportée par la performative)

reply-by : impose un délai pour la réponse

conversation-id : identificateur de la conversation

Exemple imbriqué

```
(forward
  :from Agt1
  :to Agt2
  :sender Agt1
  :receiver Agt3
  :language KQML
  :ontology kqml-ontology
  :content (tell
    :sender Agt1
    :receiver Agt2
    :language KIF
    :ontology BlockWord
    :content (And (Block A) (Block B) (On A B)))
)
```

Agt1 demande à Agt3 de transférer un message à Agt2

KQML (suite)

- Permettre aux agents cognitifs de coopérer
- Indépendant du mécanisme de transport (TCP/IP, SMTP, ou autre)
- Indépendant du langage du contenu échangé (KIF, SQL, Prolog , KQML ou autre)
- Indépendant de l'ontologie utilisée

=> Peu de contraintes de développement

Mais ...

KQML (fin)

Mais :

- Manque de certains performatifs (ex: engagement)
- Incohérence ou inutilité de certains performatifs
- Pas de cadre pour gérer les agents
- Premier pas vers la normalisation d'un ACL

⇒ FIPA

KIF en quelques mots

- Knowledge Interchange Format (effort DARPA)
- Langage de description
 - Lisible par une machine et un humain
 - version préfixée du calcul des prédicats du 1^{er} ordre.
 - une spécification pour la syntaxe
 - une spécification pour la sémantique.
- *Exemples : devinez ce qui est exprimé ?*
 - (\rightarrow (* (width chip1) (length chip1)) (* (width chip2) (length chip2)))
ou encore
 - (\Rightarrow (and (real-number ?x) (even-number ?n)) (\rightarrow (expt ?x ?n) 0)))

b8

Acte de langage Conclusion

- Ne concerne que l'aspect monologique de la communication
 - Ne décrit pas l'enchaînement (dialogue), la structuration des échanges
- ⇒ Théorie des actes de langages « dialogisée »
- ⇒ **Protocole** d'interaction (graphe d'état), Conversation

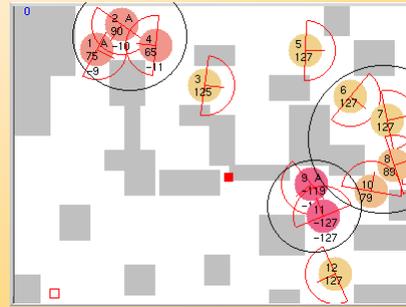
Diapositive 60

b8

arret séance 4
bourjot; 04/10/2010

Concept 3 : Environnement Définitions

- **Environnement du SMA** : « espace » commun aux agents du système, doté d'un ensemble d'objets du pbme
- **Environnement d'un agent** : ce qui est extérieur à l'agent = l'environnement du SMA + la représentation des autres agents dans le monde

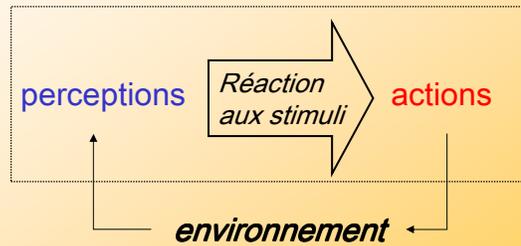


Définitions (suite)

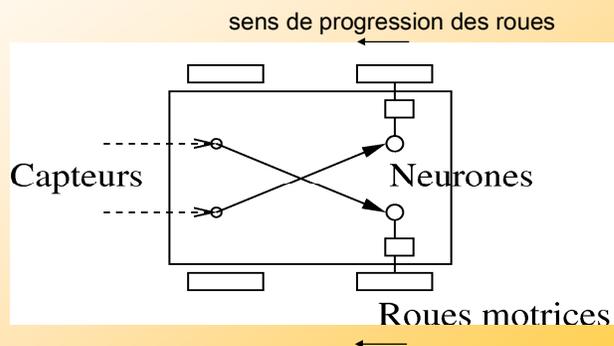
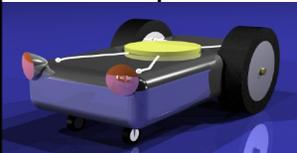
Mais l'environnement est aussi :

- Médium de l'interaction : signaux, traces, ... (stigmergie)
- Non pas participant actif, ... mais peut imposer les lois du monde
- Un lieu où des actions individuelles ou collectives sont réalisées, où des réactions sont perçues
- Un espace de déplacement : grille, positions des agents
- Un moyen de structuration des agents

➤ Composante essentielle des SMA **réactifs**

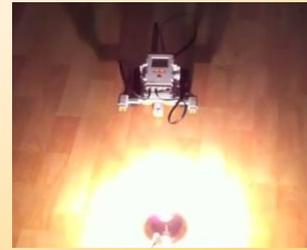


Exemple : le **véhicule de Braitenberg** [84]



chaque neurone transforme l'intensité lumineuse captée en une commande proportionnelle sur le moteur

illustration le véhicule de Braitenberg



<http://vodpod.com/watch/2076165-braitenberg-vehicle>

Problématique de l'environnement

- Modélisation de phénomènes réels :
 - Choix des caractéristiques et du niveau de modélisation de l'environnement
- Résolution collective de problème :
 - comment utiliser **l'environnement** pour **faire coopérer** des entités aussi simples que **des agents réactifs** ?

Environnement : qq caractéristiques

- **Accessible ou non,**
 - Si les capteurs d'un agent lui donnent accès à l'état de l'environnement suffisant pour choisir une action
- **Déterministe ou non,**
 - Si le prochain état de l'environnement est déterminé par l'état courant et par l'action de l'agent
- **Statique ou Dynamique,**
 - Ne change pas pendant que l'agent réfléchit
- **Discret ou continu,**
 - Si le nombre de percepts distincts et d'actions est limité



Environnement Conclusion

Environnement est comme **une mémoire partagée** du SMA

Diapositive 67

SV9 boissier environnemnt les def des propriétés bof bof ??

a voir ailleurs Ferber, Wooldridge ...

Vautrin; 10/02/2004

b3 à compléter par la notion de champs

bourjot; 06/10/2008

Concept 4 : Organisation

➤ Notion duale:

- Structure décrivant comment les membres de l'organisation sont en relation : **aspect statique** (« l'organisation d'une entreprise »)
- Processus de construction d'une structure : auto-organisation, ré-organisation, émergence : **aspect dynamique** (« l'organisation d'une soirée »)

Organisation

➤ Quelques inspirations

- Militaire, Entreprise, Marché d'échange, Équipe sportive.
- Biologie, ...

➤ Approche organisationnelle / approche émergentiste (*cf chapitre suivant*)