MASTER WEB INTELLIGENCE

Systèmes Multi-Agents

Introduction

Olivier Boissier
Olivier.Boissier@emse.fr

22 Novembre 2004

Plan

➢ Motivations
- Paradigme Multi-Agents
- Définitions et Problématique scientifique
- Modèles Multi-Agents
- Technologies Multi-Agents
- Applications Multi-Agents
- Défis
- Bibliographie

Motivations Technologiques

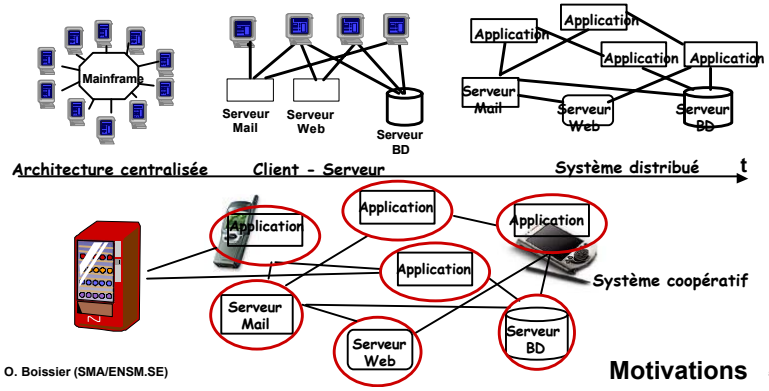
- **Connectivité** **(Internet, WWW, satellites, ...)**
- **Puissance de calcul**
- **Puissance de transmission** **(vitesse, bande passante, ...)**

- **Interfaces** **(visualisation, vocal, ...)**
- **Informations** **(taille, complexité, modalité)**
- **Ressources (distribuées, hétérogènes, partagées)**

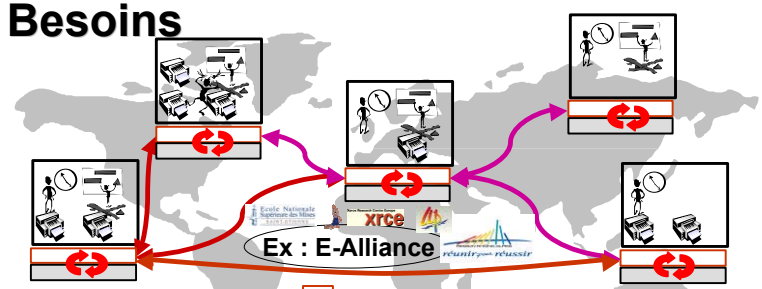
Paradigmes

- Vision **Traitements**
  - automatisation de tâches, automatique, …
- Vision **Données**
  - manipulation de données importantes, B.d.D., …
- Vision **Services**
  - traitements+données = service
  - programmation par objets, par composants, …

Architectures



Besoins

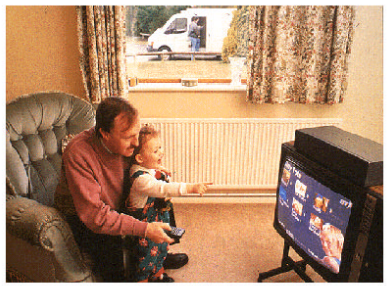


- Caractéristiques :
  - Multi-* : acteurs(humains, soft., hard.), métiers, points de vue, décisions, …
  - Traitement et échange de connaissances,
  - Distribution, Ouverture, Décentralisation.
- Besoins : Intégrer, Inter-opérer, …
  - **Autonomie** au niveau local
  - **Coopération/Compétition/Collaboration** au niveau global

Exemple : Personnalisation de services

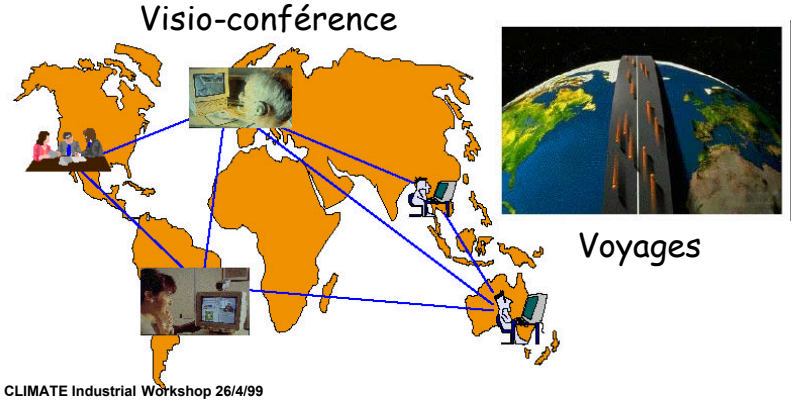
Tonight's Suggested Viewing:

7pm World News Headlines
7:15 Personal Newsround
7:30 Selected highlights of today's golf
7:50-8:00 Intermission (Video-call - it's your brother's birthday)
8:00-10:00 Film choice
Jurassic Park (VR) OR Cyberspace 2
(please select now)



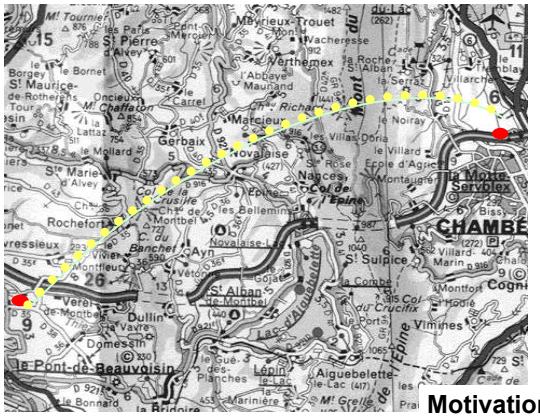
CLIMATE Industrial Workshop 26/4/99

Exemple (2) Réservation de services



CLIMATE Industrial Workshop 26/4/99

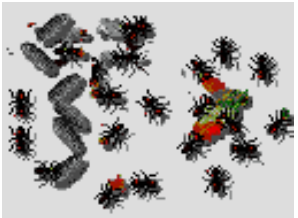
Exemple (3)
Résolution de problèmes

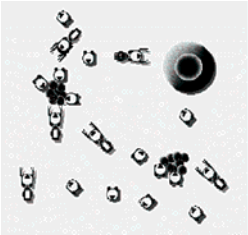


Ferrand 97

Exemple (4)
Simulation de phénomènes

pour :





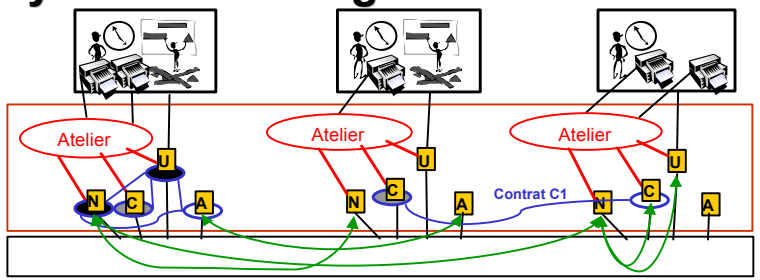
Comprendre, Expliquer

Découvrir, …, Aider, …, Divertir

Plan

- ✓ Motivations
- ➢ **Paradigme Multi-Agent**
- Définitions et Problématique scientifique
- Modèles Multi-Agents
- Technologies Multi-Agents
- Applications Multi-Agents
- Défis
- Bibliographie

Système Multi-Agent



Agent : entité réelle ou virtuelle **autonome**,
- **pro-active**,
- **réactive**,
- **sociale** (interaction avec d'autres agents),
- **organisée** (gestion de relations avec d'autres).

A Alliance Agent
C Contract Agent
N Negotiation Agent
U User Agent
Environnement
Interaction
Organisation

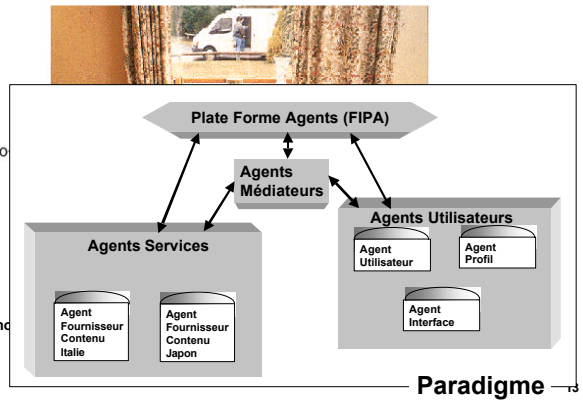
Paradigme

Exemple (1) Personnalisation de services

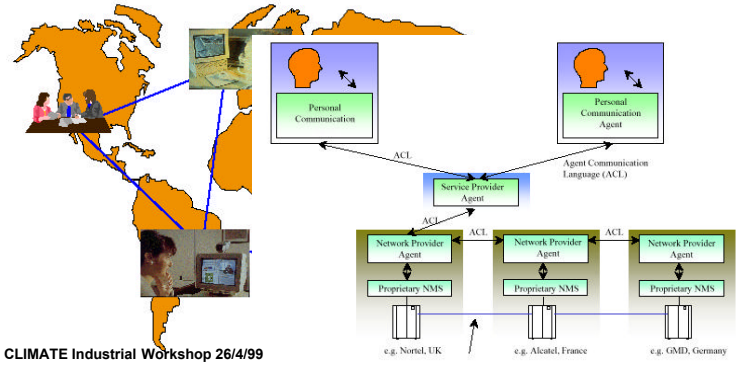
Tonight's Suggested Viewing:

7pm World News Headlines
7:15 Personal Newsround
7:30 Selected highlights of today's golf
7:50-8:00 Intermission (Video call - it's your brother's birthday)
8:00-10:00 Film choice
Jurassic Park (VR) OR Cyberspace 2
(please select now)

CLIMATE Industrial Worksho



Exemple (2) Réservation de services

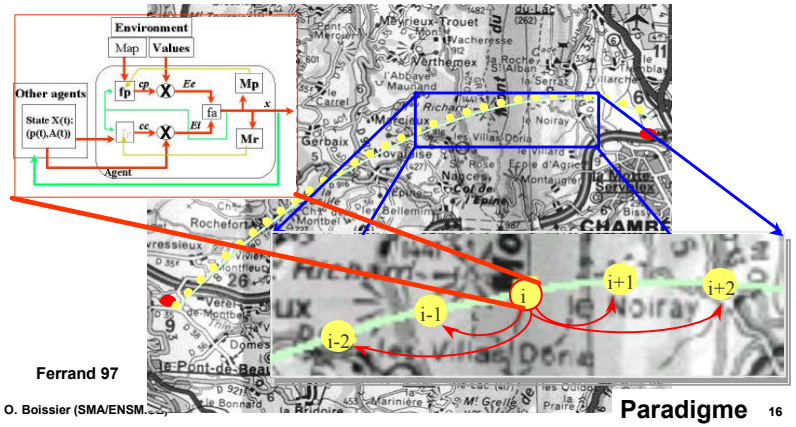


CLIMATE Industrial Workshop 26/4/99

Exemple (3) Composition de services

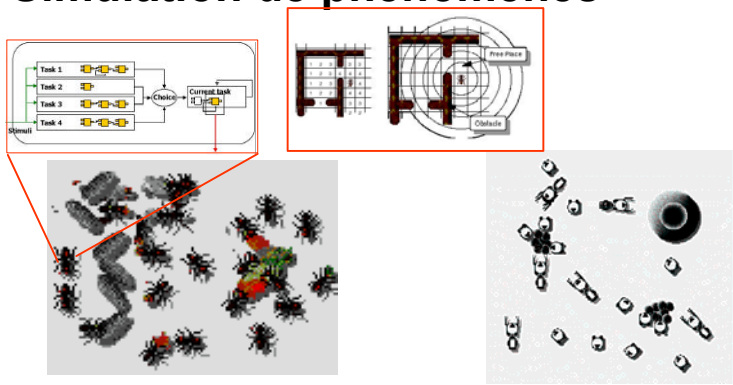
CLIMATE Industrial Workshop 26/4/99

Exemple (4) Résolution de problèmes



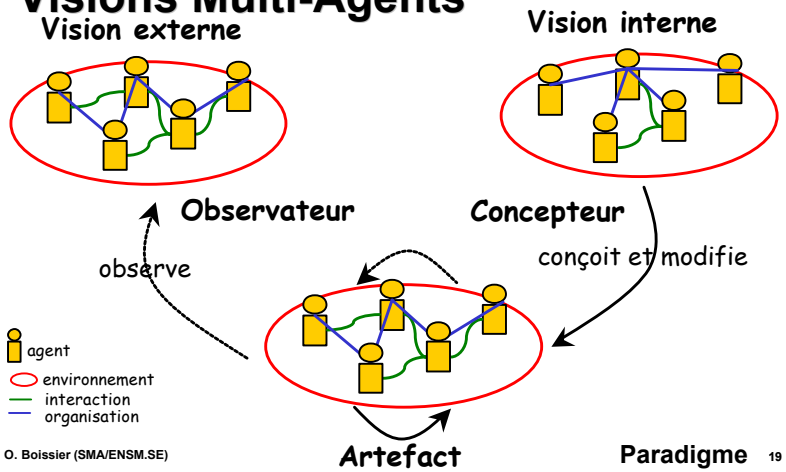
Ferrand 97

Exemple (5)
Simulation de phénomènes



Exemple (6)
Simulation de phénomènes

Visions Multi-Agents



Plan

- ✓ Motivations
- ✓ Paradigme Multi-Agent
- ➢ **Définitions et Problématique scientifique**
  - ➢ **Définition, Problématique, Positionnement**
- Modèles Multi-Agents
- Technologies Multi-Agents
- Applications Multi-Agents
- Défis
- Bibliographie

Agent, Système Multi-Agent

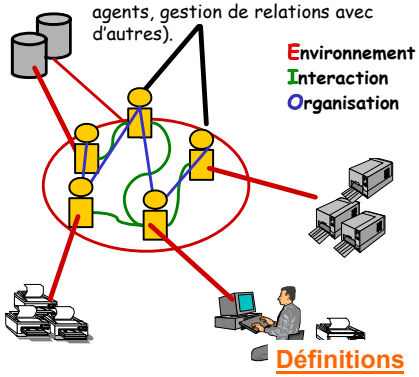
- **Vision Externe**

  SMA = ensemble d'**agents**, qui **interagissent** entre eux, dans un **environnement** commun, constituant, éventuellement, une **organisation**

- **Vision Interne**

  Agent : logiciel ou matériel regroupant traitements et données, capable de **contrôler** ses activités de **raisonnement et décision**, de **perception et d'action** sur l'environnement, de **communication** avec les autres agents, de **gestion des relations** avec les autres.

Agent : entité réelle ou virtuelle **autonome**, **réactive**, **pro-active** et **sociale** (interaction avec d'autres agents, gestion de relations avec d'autres).



Autonomie (Vision externe)

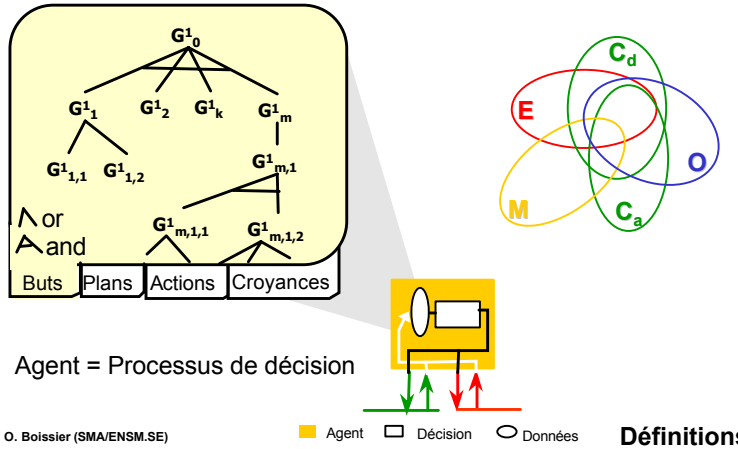
- *X* est **autonome** par rapport à *Y* pour *P* de *Y*

si X est capable de <u>décider</u> *localement* de l'adoption de P

- X : agent
- Y : Utilisateur, Environnement, Autre agent, Organisation, …
- P : but, plan, action, ressource, interaction, …, décider, respecter une norme, …

[Castelfranchi]

Autonomie (Vision Interne)



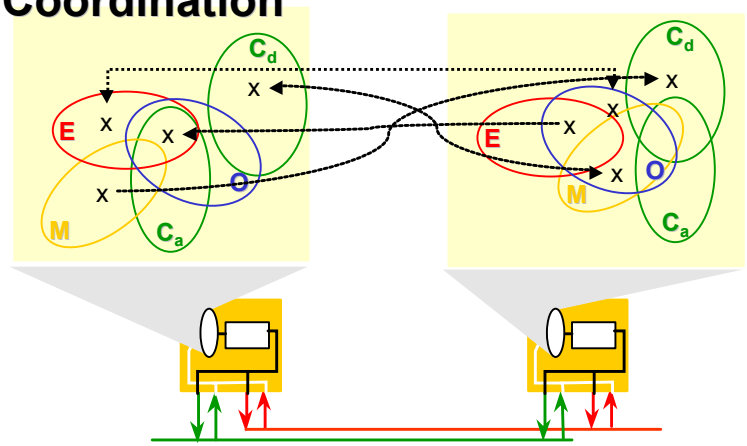
Agent = Processus de décision

Agent Décision Données

Comportement global du SMA

- **Coopération** : partage d'un même but entre les agents,
- **Collaboration** : partage d'un même but entre les agents, par intermittence,
- **Compétition** : des buts incompatibles entre les agents
- …

Coordination



Exercice

- Former des groupes de 3 personnes
- Ensemble de lettres attribuées à chaque groupe
- Chaque membre du groupe doit former, à tour de rôle, un mot (inconnu des deux autres) en déplaçant les lettres attribuées au groupe
- Contrainte : après la formation d'un mot, l'ensemble des lettres doit rester uni (en contact par un côté)
- Exemple : former ELFE dans le mot FEUILLE -> **ELFE**UILE ou UI**ELFE**L

Situations d 'interaction

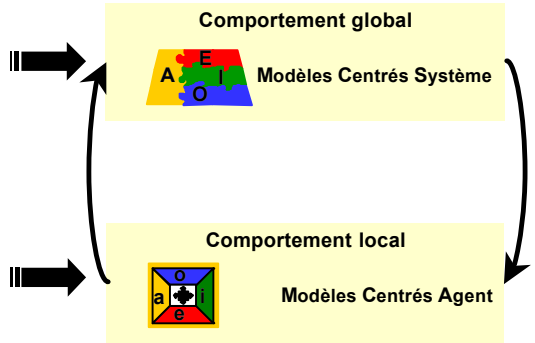
Buts	Ressources	Compétences.	Types de situation
Compatibles	Suffisantes	Suffisantes	**Indépendance**
Compatibles	Suffisantes	Insuffisantes	*Collaboration simple*
Compatibles	Insuffisantes	Suffisantes	*Encombrement*
Compatibles	Insuffisantes	Insuffisantes	*Collaboration coordonnée*
Incompatibles	Suffisantes	Suffisantes	Compétition individuelle pure
Incompatibles	Suffisantes	Insuffisantes	Compétition collective pure
Incompatibles	Insuffisantes	Suffisantes	Conflits individuels pour des ressources
Incompatibles	Insuffisantes	Insuffisantes	Conflits collectifs pour des ressources

Indifférence *Coopération* Antagonisme [Ferber 95]

Problématique scientifique

Coopération, Compétition, Collaboration, …

Autonomie



Sources informatiques

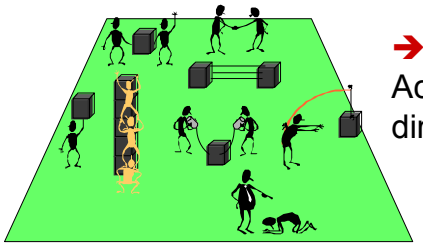
- Programmation par objets : un objet encapsule les données et les méthodes qui les manipulent (ex : C++, Java, Smalltalk),
  - distribution : objets distribués, CORBA, DCOM
  - développement des langages « acteurs »
- Intelligence Artificielle : modèles de raisonnements symboliques (systèmes experts, représentation des connaissances), logique
  - distribution : architectures de "blackboard"
- Systèmes répartis

Agent vs. Objet

- Un agent, comme un objet, encapsule un état et un comportement
- MAIS :
  - l 'agent a le contrôle sur son comportement; un objet n 'a le contrôle que sur son état
  - l 'agent exerce ce contrôle de différentes manières (réactif, dirigé par les buts, social)
  - un SMA a plusieurs flux de contrôle alors qu'un système à objets n 'a a priori qu'un seul flux de contrôle.

Multi-Agent vs Intelligence Artificielle (1)

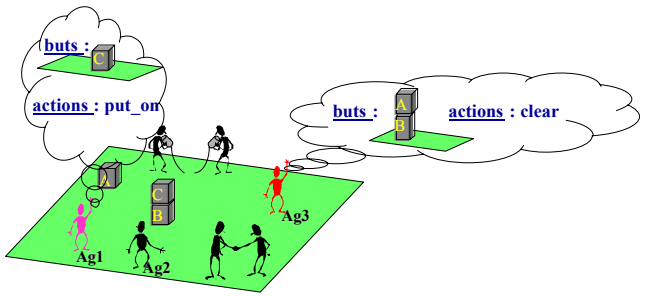
Remise en cause de l'approche **mono-agent** de l'Intelligence Artificielle.



➔ Connaissances, Buts, Actions acquièrent une dimension **sociale**.

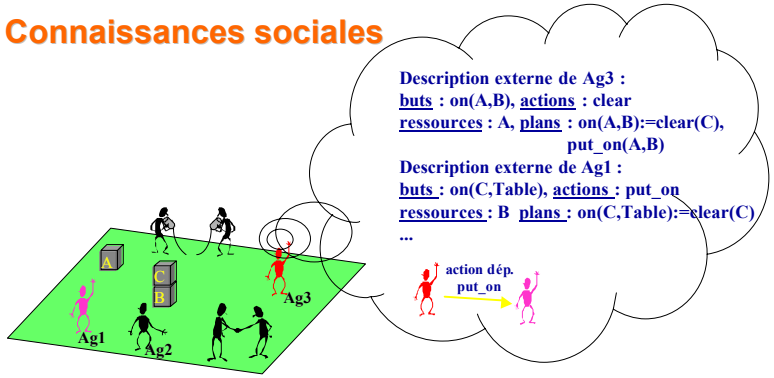
Multi-Agent vs Intelligence Artificielle (2)

Ex. réseaux de dépendances



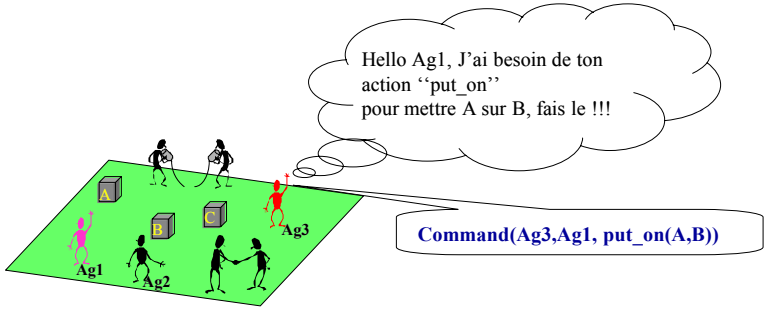
Multi-Agent vs Intelligence Artificielle (3)

Connaissances sociales

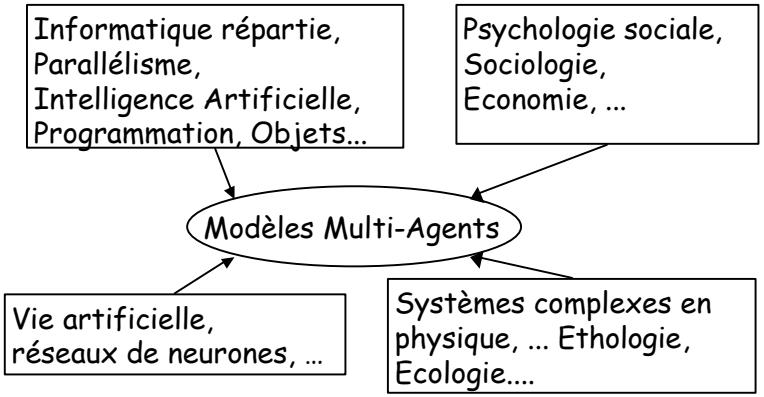


Multi-Agent vs Intelligence Artificielle (3)

Interactions sociales



Autres sources



Historique (1)

- 1980 : Les agents sont limités au domaine de l'IA
  - ➔ Intelligence Artificielle distribuée, Systèmes multi-agents
- 1990 : La notion d 'agent s 'élargit
  - ➔ assistants personnels, interfaces, mobiles, reactifs, recherche d 'information, ….
- 1995 : Tout devient un agent
  - ➔ vie artificielle, agents économiques, ...

Historique (2)

- Intelligence Artificielle Distribuée, Systèmes multi-agents
  - 1973 - 1980 :
    - Hearsay II (1973) : architecture de tableau noir pour la reconnaissance de la parole,
    - Langages Acteurs (1973) : messages comme structures de contrôle,
    - Beings (1975), Society of Minds (1978) : interaction de comportements simples conduit à des comportements complexes,
  - 1980 - 1990 :
    - Contract Net (1980) : contrôle hiérarchique décentralisé,
    - DVMT (1984) : interprétation distribuée,
    - Subsumption architecture (1986) : robots réactifs,
    - MACE (1987) : environnement multi-agents.
  - …

Autonomous Agent vs Multi-Agent

- Robots autonomes
- Assistants personnel
- Desktop agents
- Softbots, Knowbots
- Agents mobiles
- Agents réactifs
- Agents intelligents, agents coopératifs

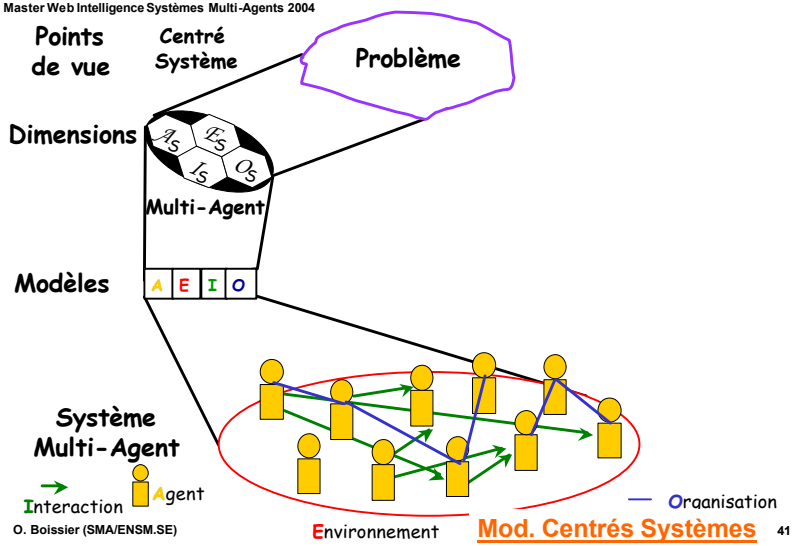
→ Systèmes multi-agents

Plan

- ✓ Motivations
- ✓ Paradigme Multi-Agent
- ✓ Définitions et Problématique scientifique
- ➢ **Modèles Multi-Agents**
  - ➢ **Modèles Centrés Systèmes,**
  - ➢ **Modèles Centrés Agents**
- Technologies Multi-Agents
- Applications Multi-Agents
- Défis
- Bibliographie

Approche "Voyelles"

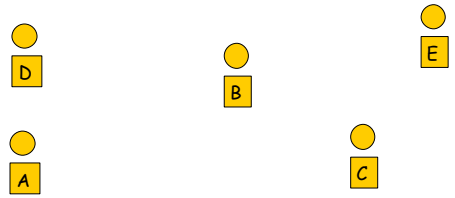
- Structuration des modèles manipulés dans un SMA selon quatre familles [Demazeau 95] :
  - **A**gent
  - **E**nvironnement
  - **I**nteraction
  - **O**rganisation
- Selon un point de vue centré système (global) et selon un point de vue centré agent (local)



Agent

Sources : Intelligence Artificielle, Objets, Robotique, ...

- Eléments pour définir les entités actives du système (architectures internes, représentation des connaissances, …)



Agent Réactif

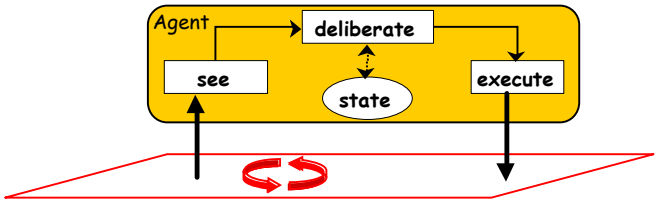
A

- The process cycle of an agent is a closed loop between "execute" and "see" (Stimulus/Response)
- ➔ reaction to the evolution of the environment
- No explicit representation of the environment, of the other agents, of its skills, …
- Decisions are done without reference to the past (no history), to the futur (no planning)

Agent Délibératif

A

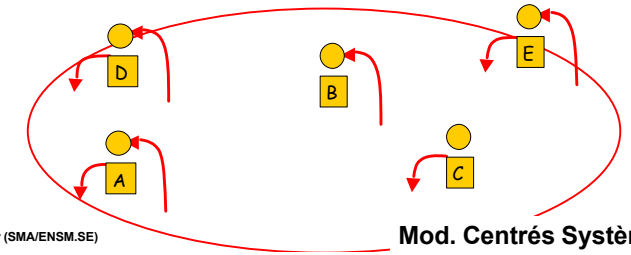
- The process cycle of an agent introduces a "deliberate" function between "see" and "execute" in order to choose the "right" action
- Explicit Representation of the environment, of the other agents, of its skills, …
- History management, ...
- Modèle Belief Desire Intention (BDI)



Environnement

Sources : Simulation, Physique, SIG, …

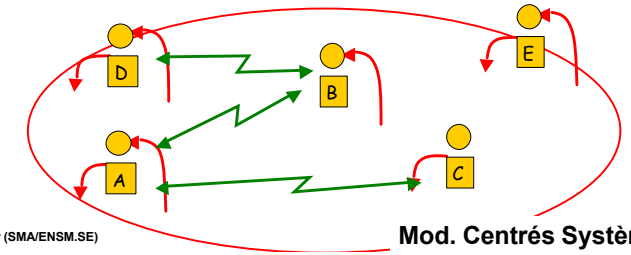
- Eléments pour structurer les interactions avec l'entité commune partagée entre les agents (Perception, Action, Dynamique de l'environnement, …)



Interaction

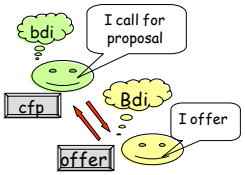
Sources : Speech Acts, Conversations

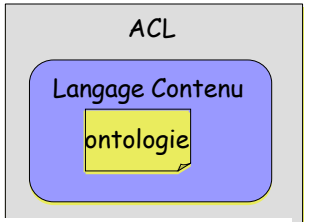
Eléments pour structurer les interactions entre les agents (Agent Communication Languages, Protocoles d'interaction, …)



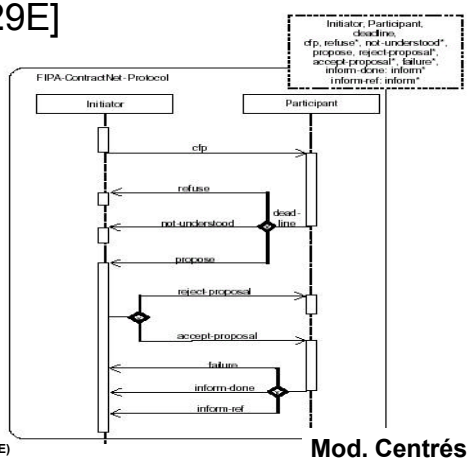
Agent Communication Language (ACL)

- Langage de haut-niveau pour l'échange d'attitudes propositionnelles et établir collaboration, négociation, …
  - Inform, request, cfp, agree, understood
  - FIPA-ACL, KQML, etc.
- Sémantique basée sur les états mentaux
- Plusieurs sous-langages
  - Sender, Receiver,
  - Langage de contenu
    - Action, objets, propositions
    - Ex: KIF, FIPA-SL, FIPA-CCL, etc.
- Vocabulaire commun, avec des définitions précises, relatif à un domaine (Ontologie)
  - Wheather-ontology, cinema-ontology, etc.





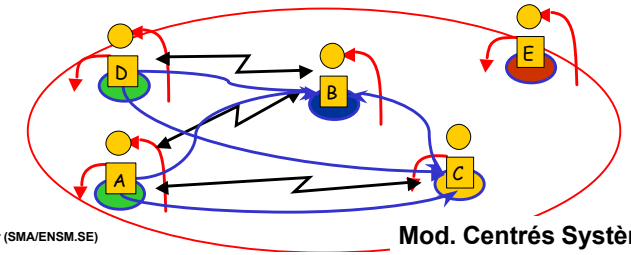
FIPA Contract Net Protocol [XC00029E]



Organisation

Sources : sociologie, psychologie sociale, CSCW,

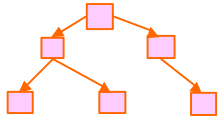
- Eléments pour structurer, contraindre les agents (Structures Organisationnelles, Normes, Lois, …)



Modèles, Réorganisation

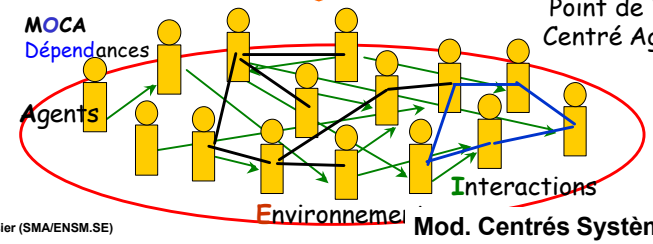
O

- *STEAM [Tambe 98]*
- *TAEMS [Decker 95]*
- AGR [Ferber 98]
- MOISE [Hannoun 99]



Point de Vue Centré Système

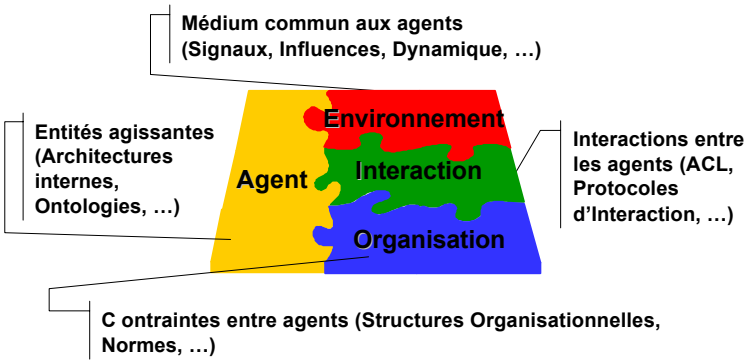
MOCS
Structures Org.

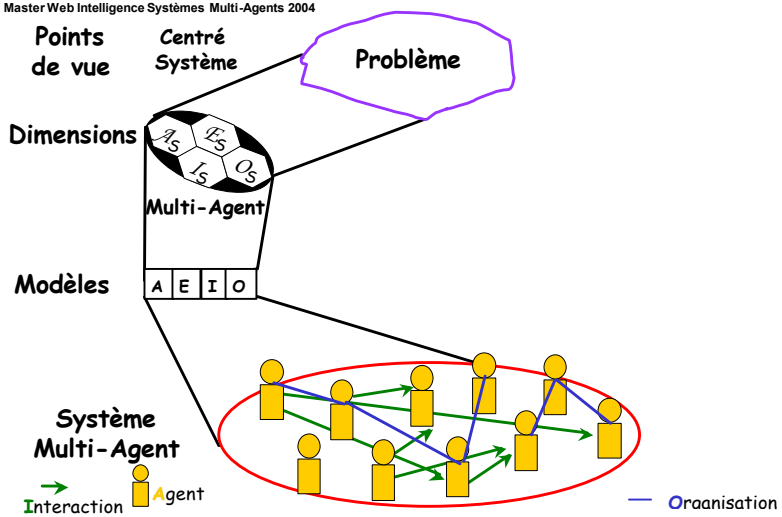


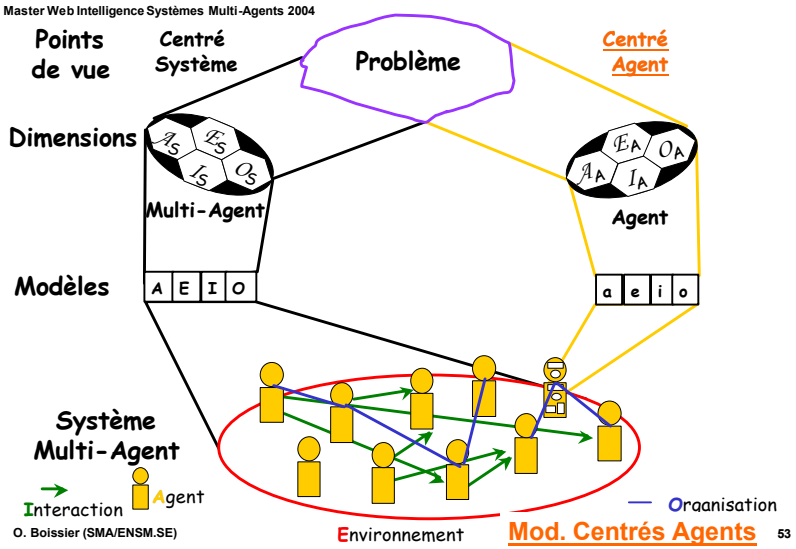
Point de Vue Centré Agent

Synthèse Mod. Centrés Systèmes

- SMA = <A,E,I ,O> "Voyelles" [Demazeau]



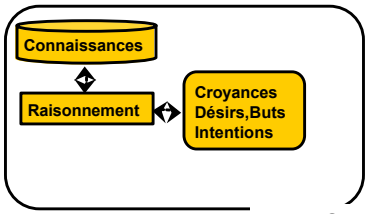




Agent

Sources : Intelligence Artificielle, Objets, Robotique, …

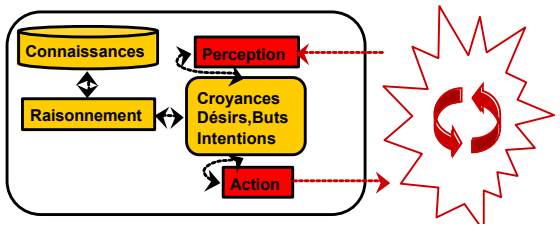
- Connaissances
- Croyances, Désirs, Intentions (BDI)
- Mécanismes de raisonnement, apprentissage, Planification, Stratégies de décision, …



Environnement

Sources : Simulation, Physique, SIG, Robotique

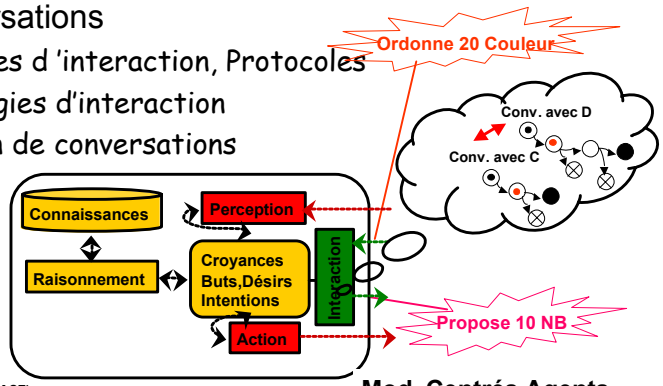
- Action,
- Perception (ex: accès à un syst. d 'info., internet, …, monde physique, monde virtuel)



Interaction

Sources : actes de discours, jeux de dialogues, conversations

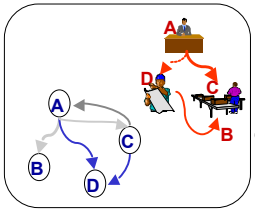
- Langages d 'interaction, Protocoles
- Stratégies d'interaction
- Gestion de conversations

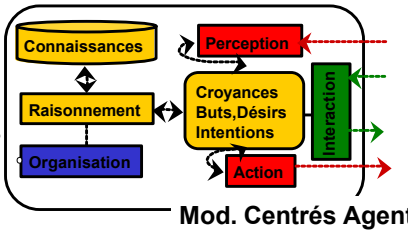


Organisation

Sources : sociologie, psychologie sociale, CSCW

- Raisonnement sur les Lois, sur les Structures organisationnelles,
- Contrats
- Réseaux de dépendances





Exemple : Réseaux de dépendances

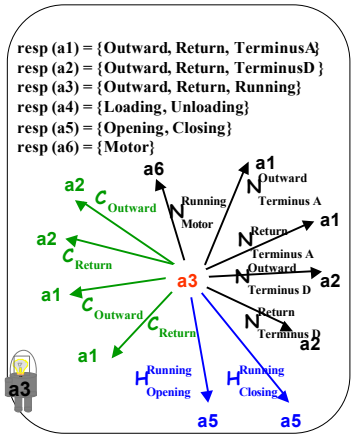
O

- **Dependence relations between agents**
  - ✓ **needs (N)**

    $needs(a_u, a_v, p_i, p_j) \equiv p_i \in resp(a_u) \wedge p_j \in resp(a_v) \cap subtask(p_i) \wedge p_j \notin resp(a_u)$
  - ✓ **helps (H)**

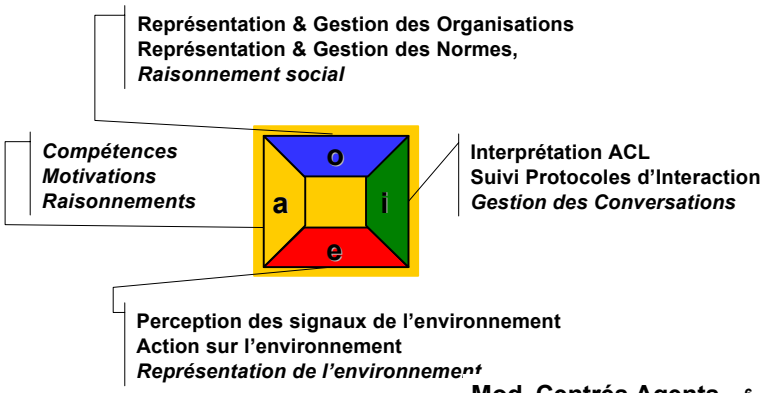
    $helps(a_u, a_v, p_i, p_j) \equiv opp(p_i, p_j) \wedge p_j \in resp(a_u) - resp(a_v) \wedge p_j \in resp(a_v) - resp(a_u)$
  - ✓ **competes (C)**

    $competes(a_u, a_v, p_i) \equiv p_j \in resp(a_u) \cap resp(a_v)$



Synthèse Mod. Centrés Agents

- Agent = <a,e ,i,o>



Modélisations Multi-Agents

- Multi-modèle :
  - Articulation de formalismes différents
- Multi-point de vue :
  - Externe/interne, centré-système/centré-agent
  - Visions différentes d'un monde partagé
- Multi-niveau
  - Via les organisations, via l'environnement (SMA)
- Multi-échelle
  - Échelles temporelles, spatiales, …

Plan

- ✓ Motivations
- ✓ Paradigme Multi-Agent
- ✓ Définitions et Problématique scientifique
- ✓ Modèles Multi-Agents
- ➢ **Technologies Multi-Agents**
  - ➢ **Plate-formes, Standards, Méthodologie**
- Applications Multi-Agents
- Défis
- Bibliographie

Constat

- Les SMA ne sont pas (encore ?) un modèle d'implémentation et les outils de développement SMA sont souvent spécifiques
- Apparition de quelques langages de développement d'agents
- Le développement de SMA repose sur des langages de programmation existants
- Le développement d'applications SMA est souvent difficile (implémentation, distribution, communications, …)

➔ **La tendance des recherches et études actuelles est de s'orienter vers la Programmation Orientée Multi-Agent : programmation d'applications SMAs avec des outils multi-agents**

"Chaque jour" une nouvelle plate-forme apparaît sur le Web. Une multitude d'outils de développements existent.
Laquelle choisir ? Comment choisir ? Comment comparer ?

MAS Middleware & MAS CASE Tools

- Cf. Review of Software Products for MAS, AgentLink, June 2002
- FIPA Compliant Platforms
  - FIPA-OS http://fipa-os.sourceforge.net/
  - ZEUS www.labs.bt.com/projects/agents/zeus
- SACI http://www.lti.pcs.usp.br/saci/
  - Simple Agent Communication Infrastructure
- JACK http://www.agent-software.co.uk (cf. PRS)
  - Runtime environment, Compiler, BDI Agent Model
- AgentBuilder http://www.agentbuilder.com/ (cf. AOP)
- AgentTool : http://www.cis.ksu.edu/~sdeloach/ai/download-agentool.htm
- Jade/LEAP : http://jade.tilab.com/
- Madkit : www.madkit.org, community.madkit.org
- JAFMAS/JIVE http://www.ececs.uc.edu/~abaker/JAFMAS/
  - Speech act based communication, agent architecture
- … DIMA, GEAMAS, MAGIQUE, MAST, OSACA….

Standards dans les SMA ? (1)

- Pourquoi ?
  - Les standards favorisent le développement du marché.
  - Le développement du marché accélère le développement de la technologie.
- Pourquoi maintenant ?
  - La technologie est en cours de développement
    - Manque d'agréments sur les définitions, les modèles, les théories, …
    - De multiples axes de recherche
  - Les besoins sont reconnus
  - Caractéristiques attendues : *ouverture, systèmes hétérogènes, propriétés émergentes, …*

Standards dans les SMA (2)

- **FIPA** Foundation for Intelligent Physical Agents
  - www.fipa.org
- **MASIF** - OMG (Object Management Group) : OMG effort to standardize mobile agents - middleware services and internal middleware interfaces
  - www.omg.org
- **Knowledge Sharing Effort** The DARPA Knowledge Sharing Effort
  - citeseer.nj.nec.com/pati192darpa.html

Standards dans les SMA (3)

- **Ontology : DAML, OIL, OWL, …**
  - http://www.daml.org
  - http://www.ontoknowledge.org/oil/
- **Other Standards (De Facto)**
  - dynamic discovery of services :
    - Jini (www.sun.com/jini),
    - UPnP (www.upnp.org),
    - UDDI (www.uddi.org),
    - Salutation (www.salutation.org)
  - mobility : Aglets (www.trl.ibm.com/aglets/)
  - coordination rules : JavaSpace (www.sun.com/ jini)

Méthodologies dans les SMA ? (1)

- Why ?

→ Need to support complex system development by

- Providing techniques for handling complexity
  - Decomposition
  - Abstraction
  - Organization
- Allowing for the characteristics of complex software
  - Hierarchical . composed of subsystems
  - Interactions between/within subsystems
  - Component decomposition is designer.s choice
  - Evolve more quickly than standard systems

Méthodologies dans les SMA ? (2)

- A MAOSE methodology must address two levels : agent and multi-agent levels
- Multi-Agent Questions
  - How many agents are there?
  - What is the common medium (Environment) shared by the agents ?
  - What communication mechanisms will the agents use?
  - What communication protocols will the agents use?
  - How will relationships between agents be established?
  - How will agents coordinate their actions?
- Agent Questions
  - What in the system should become an agent?
  - How will each agent model the environment?
  - How will agents be structured internally?

Problèmes

- Absence d'une unique méthode MAIS plusieurs !!!!
- Lien entre méthode et environnement de développement (CASE Tool)
- MAIS dans les SMA, du fait des multiples modèles, existent différentes manières de développer une application :
  - Agent Oriented Software Engineering
  - Environment Oriented Software Engineering
  - Interaction Oriented Software Engineering
  - Organization Oriented Software Engineering
- →Besoin de méthodes pour faire du Génie Logiciel Orienté Multi-Agent

Plan

- ✓ Motivations
- ✓ Paradigme Multi-Agent
- ✓ Définitions et Problématique scientifique
- ✓ Modèles Multi-Agents
- ✓ Technologies Multi-Agents
- ➢ **Applications Multi-Agents**
  - ➢ **Domaines, Usages, Caractéristiques**
- Défis
- Bibliographie

Domaines d'application

- Systèmes informatiques :
  - télécommunication, simulation, …
- Systèmes sociaux intégrant l'humain dans la boucle
  - collecticiels, commerce électronique,
- Systèmes mécaniques intégrant humains et artefacts mécaniques
  - Contrôle de processus, supervision de réseaux, robotique, …

Structuration selon les domaines

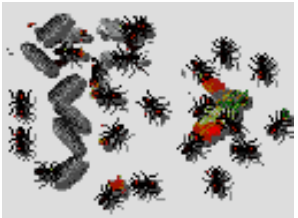
- Télécommunications (Intelligent Agent in Telecommunication)
- Commerce électronique (Agent Mediated Electronic Commerce)
- Systèmes d'information (Cooperative Information Agents)
- Simulation à base de Systèmes Multi-Agents (Multi-Agent Based Simulation)
- Ubiquitous Computing, Ambient Intelligence
- ….

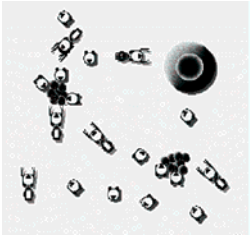
Usages

- De multiples usages des technologies et des modèles multi-agents :
  - Modéliser : parallèle entre modèles et phénomènes
  - Implémenter
- Trois classes d'usages :
  - **Simuler** : reproduire des phénomènes du monde réel afin de comprendre ou d'expliquer leur comportement.
  - **Résoudre** : résolution de problème, Intelligence Artificielle Distribuée.
  - **Intégrer** : logiciels, humains, systèmes physiques

Usage : Simuler

Reproduire des phénomènes pour :





Comprendre, Expliquer

Découvrir, …, Aider, …, Divertir

Démarche

- Un modèle : Agents, Environnement, Interactions, Organisation.
- Paramètres : nombre d'agents, constante d'apprentissage, coûts.
- Situation initiale : répartition au hasard, selon des résultats réels, des résultats de simulation.
- Durée
- Observation : paramètres globaux que l'on considère comme significatifs d'une émergence.
  - Indicateurs individuels / locaux agrégés
  - Liens entre les individus – représentations des agents sociaux
  - Corrélations

Simulation pour Comprendre

- Des dynamiques :
  - fluides (D. Servat)
  - mouvements de population
    - SeaLab – Lepage : poissons
    - Proies-prédateurs – Bousquet : chêvre / chou
- Des phénomènes sociaux animaux
  - comportements agrégés spécialisation de tâches

(MANTA - A. Drogoul)

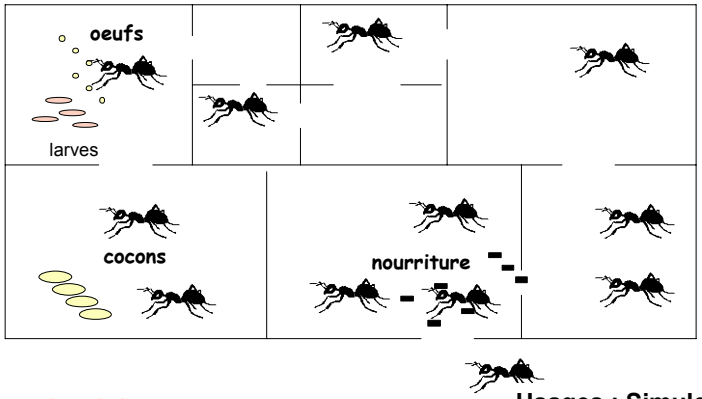
[rouchier 01]

Influence de l'Environnement sur des dynamiques d'interactions simples

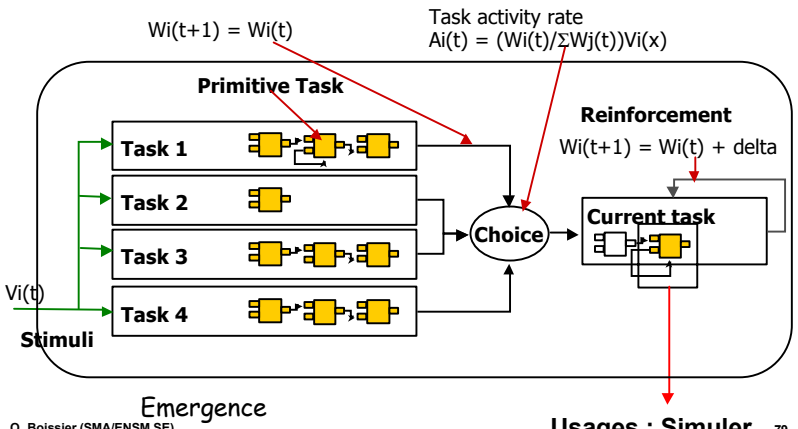
Exemple : MANTA [Drogoul 93]

- Domaine d 'application : simulation de sociétés de fourmis afin d 'étudier l 'émergence d 'une répartition de travail au sein de la société
- Chaque fourmi a un ensemble de tâches
- Tâche :
  - séquence d 'actions primitives,
  - poids,
  - niveau d 'activation.

MANTA : Environnement



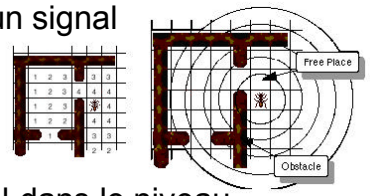
MANTA : Agent



MANTA : Interaction

- Variation de l'intensité d'un signal

  V(x) = V(x0) / dist(x,x0)

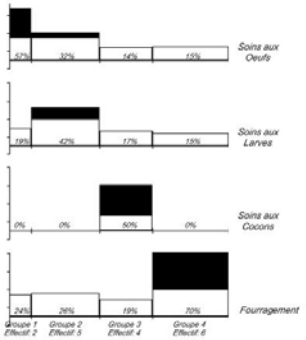


- Prise en compte du signal dans le niveau d'activité d'une tâche

  Ai(t) = (Wi(t)/ΣWj(t))Vi(x)

MANTA : Emergence de l'Organisation

- Emergence of an organization observable thoughout the labour specialization of the ants thanks to feedback mechanism and spatial dimension of the system



Simuler pour expliquer, découvrir

- Emphase sur l'environnement : agents avec représentations simples
  - Societe de chasseurs (Jim Doran) - Chasse au Cameroun (Innocent Bakam) - Pasteur (Alassane Bah) - Broutte la foret (Jean-Luc Bonnefoy, CL) - Barcelone
- Processus de décision et négociations
  - SHADOC (Olivier Barreteau) - SimDelta (Francois Bousquet et Christophe Cambier)
- Création de représentations autour des échanges dans une société
  - Potlatch - Réputation - JUMEL (Rouchier)
- Influence des structures d'échanges sur la production
  - Filières (Martine Antona) - Travail / amitiès (Barreteau-Rouchier)

Importance de la structure des interactions / échanges
construction des représentations / mémoire
description d'une organisation, des niveaux d'organisation
sur les émergences macro (usage de la ressource, apprentissage des agents, circulation des biens).

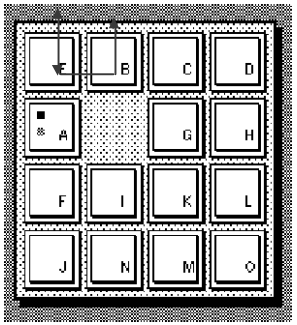
Usage : Résoudre

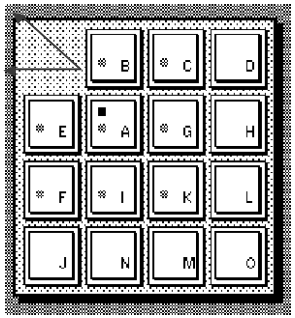
- Résolution multi-agents de problèmes =
  - Définition d'un objectif global, de critères globaux de succès,
  - ➔ division des connaissances, des ressources, du contrôle,
  - Absence d'une méthode ou d'un modèle global de résolution
  - Définition locale d'objectifs et/ou de contraintes, activation dynamique avec {minimisations locales}
  - ➔ convergence globale, observation de l'état stable sous contrainte
- Problèmes :
  - recherche de solution et non optimisation

Agent Architecture : Ferber

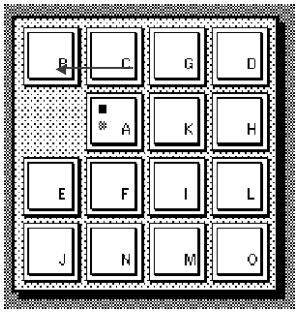
- Problem solving technique (eco-resolution)
- A problem is defined by a set of agents which try
- to get satisfied
- Each agent is characterized by a set of behaviours
- to get satisfied, to agress, and to escape
- The model is defined by the predetermined
- combinaison of the behaviours

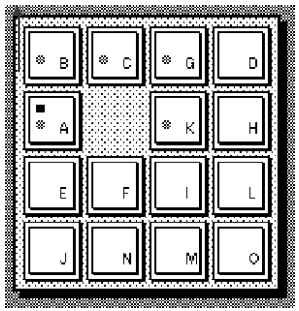
Ferber's agents : the Corner problem (1)





Ferber's Agents : The Corner problem (2)

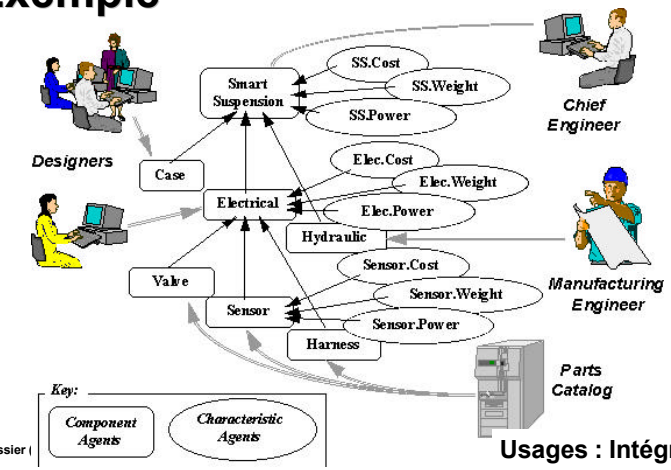




Usages : Intégrer

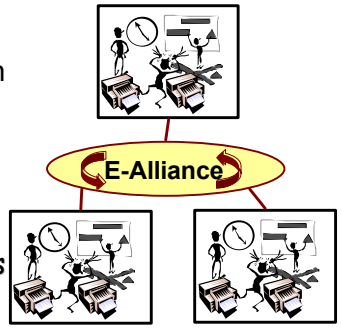
- Encapsulation d'un sous-système par un agent :
  - évalue dynamiquement les besoins de l 'utilisateur, adapte le fonctionnement du système sous-jacent, ...
- Aide à l'information et à la négociation :
  - contexte « agents intelligents » et « assistants »
  - recherche et structuration d 'informations
  - facilitation par apprentissage et adaptation
- Partage de représentations :
  - modèle du « point de vue » d 'un acteur sur un projet
  - échange de « points de vue »

Exemple



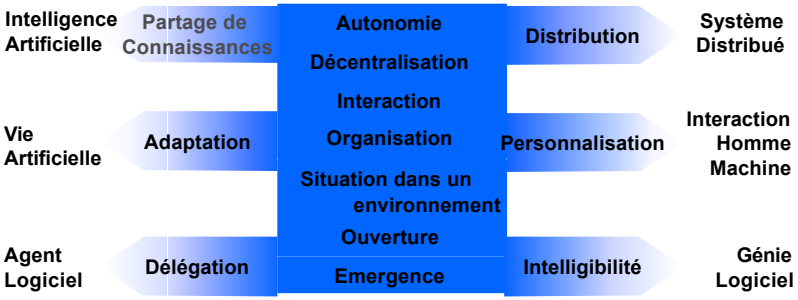
Exemple : E-Alliance

- Organisations virtuelles, ouvertes
- Environnement dynamique
- Alliances d'Ateliers d'impression avec sous-traitance de travaux
- Membres autonomes, avec des compétences similaires et/ou complémentaires
- Partage minimal d'informations
- Support à la négociation et exécution de contrats



Caractéristiques

- De nombreuses applications, pourquoi utiliser les SMAs par rapport à d'autres technologies ? Quelles sont les caractéristiques ?



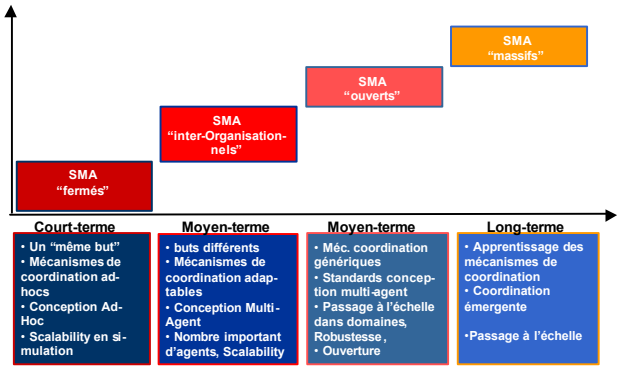
Caractéristiques

- ATTENTION
- un SMA n 'est pas obligatoirement LA solution adéquate dans toutes les situations !!!
  - absence de contrôleur global
  - absence de vision globale
  - …
- Ce n 'est pas non plus la solution miracle ...

Plan

- ✓ Motivations
- ✓ Paradigme Multi-Agent
- ✓ Définitions et Problématique scientifique
- ✓ Modèles Multi-Agents
- ✓ Technologies Multi-Agents
- ✓ Applications Multi-Agents
- ➢ Défis
  - ➢ Recherche, Technologiques, Applications
- Bibliographie

Défis Scientifiques



Positionnement

Défis Scientifiques (2)

- Négociation automatique, Argumentation, Stratégies
- Institutions, Normes,
- Formations de coalitions, réorganisations,
- Confiance et sécurité,
- Apprentissage, Adaptation,
- Ouverture,
- Emergence,
- Preuves,
- Contrôle, Coordination, Autonomie
- …
- Relations à l'utilisateur

Défis Technologiques

- Outils
  - Unifier les modèles
  - Une plate-forme unique ?
  - Standardiser le niveau sémantique
  - Se rapprocher de standards industriels
- Méthodologie
  - Une méthodologie unique ?
  - Programmation Orientée Multi-Agent

Défis des Usages, Applications

- Définition de Benchmarks, Killer application
- Caractérisation des applications
  - Utiliser à bon escient les SMA
- Usages et Utilisateurs
  - Confiance de l'utilisateur
  - Délégation du contrôle aux agents
  - Aspects législatifs : Responsabilités des agents
  - Aspects sociétaux : Agents Citoyens

Bibliographie

- Quelques références générales
  - **Pitfalls of Agent-Oriented Development**, M. Wooldridge, N.R. Jennings, Agents '98, 1998.
  - **Foundations of Distributed Artificial Intelligence**, G.M.P. Hoare, N.R. Jennings, Wiley & Sons, 1996
  - **Les systèmes multi-agents**, J. Ferber, InterEditions, 1995
  - **Multiagent Systems: A Modern Approach to Distributed Artificial Intelligence**, edited by Gerhard Weiss, MIT Press, 1999. ISBN 0-262-23203-0
  - **Principes et architectures des Systèmes Multi-Agents**, J.P. Briot, Y. Demazeau, IC2, Hermès, 2001
- Standardisation
  - Knowledge Sharing Effort **http://www.cs.umbc.edu/kse/**
  - OMG Agent Working Group **http://www.objs.com/isig/agent.html**
  - FIPA **http://www.fipa.org**
- Projets européens
  - CLIMATE **http://www.fokus.gmd.de/cc/ima/climate/**
  - Eurescom **http://www.eurescom.de/**

- Collège SMA : http://sma.lip6.fr

- AgentLink : http://www.agentlink.org