

## Multi-Agent Systems

### Introduction

Olivier Boissier

[Olivier.Boissier@emse.fr](mailto:Olivier.Boissier@emse.fr)

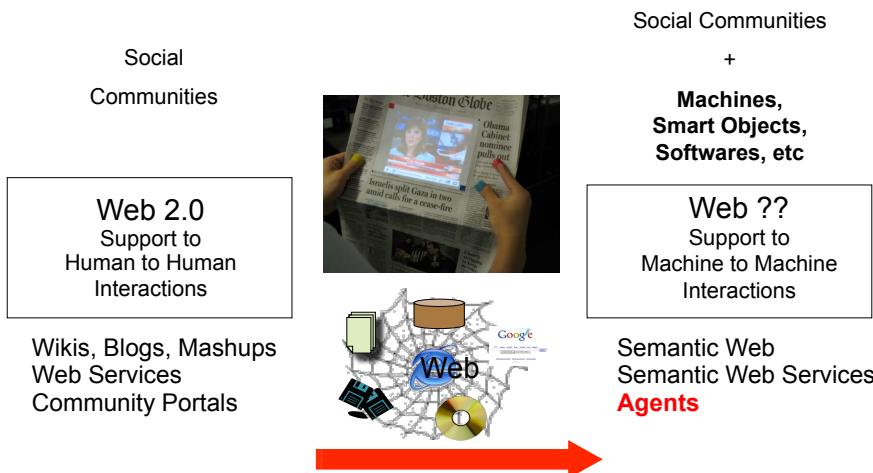
### Current Motors

Context

- Semantic Web
- Web services, Service Oriented Computing
- Peer-to-Peer Computing
- Grid Computing
- Ambient Intelligence
- Self-\*, Autonomic Computing
- Complex Systems

### Continuous Evolution of the Web

Context



### Current IT Application Features

Context

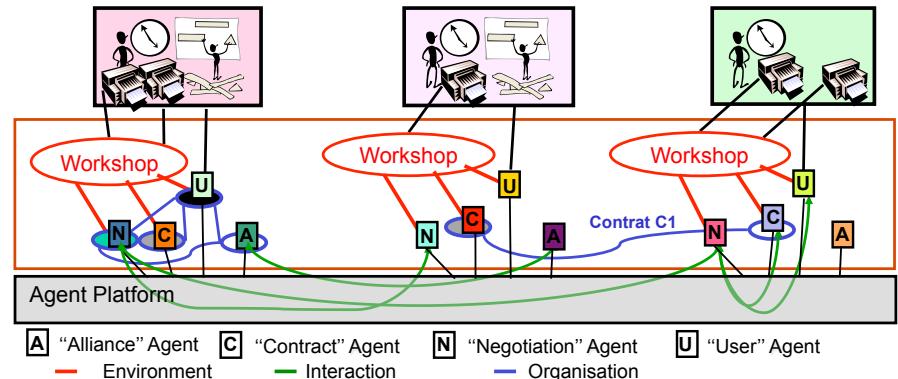
- Information Technologies
  - Are pervasive, invading our daily life
  - Build interconnected networks of contents, services, devices, humans
  - Act on behalf of the users
  - Are distributed, installing multiple decision places along a decentralised control schema
  - Are open and in continuous evolution

→ New approaches must be proposed

# Plan

1. Context
2. **Definitions**
3. Positioning
4. Multi-Agent Modeling
5. Action Domains
6. Multi-Agent Engineering
7. Perspectives ...

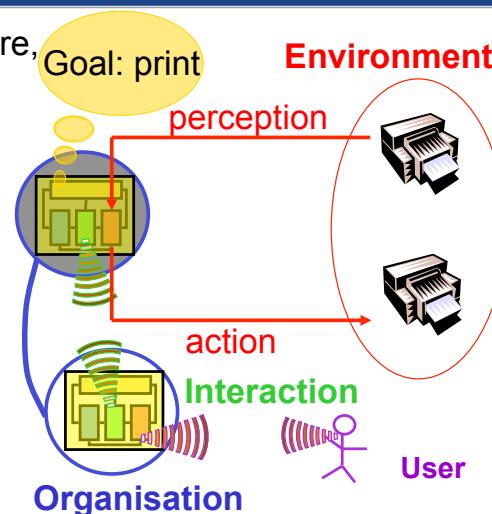
# Multi-Agent Systems



Multi-Agent System (MAS) : set of agents, that interact with each other, situated in a common environment, eventually, building or participating to, an organisation

# Agent

Agent : physical or software, autonomous entity that is pro-active, reactive, social, able to take part to an organised activity, in order to achieve its goals, by interacting with other agents and users.

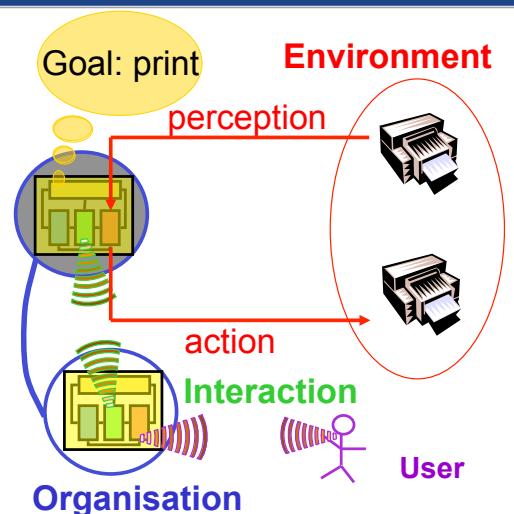


# Autonomous Agent

- An agent **X** is autonomous with respect to **Y** for **O** in situation **S**
  - **Y** can be a user, another agent, a group of agents, an organisation, ...
  - **O** can be a goal, a plan, an action, a resource, a norm, a role, ...

It means that:

- agent **X** can decide locally of the adoption of **O** in situation **S**
  - **And Y has no certainty that X is going to adopt O in situation S**
- **Loose coupling** between agents



## Plan

---

1. Contexte
2. Definitions
3. **Positioning**
4. Multi-Agent Modeling
5. Action Domains
6. Multi-Agent Engineering
7. Perspectives ...

## History – Major Steps

---

- 1980 : Agents in the AI field
  - From AI to Distributed AI
  - ... to Multi-Agent Systems
- 1990 : Agents are invading other domains
  - Personal Assistants, avatars,
  - Mobile Agents,
  - Reactive Agents, ....
- 1995 : Agents spread in other domains, Application domains are enlarging
  - Artificial Life, Economic Agents, ...,
  - ..., Web, Ambiant Intelligence, ...

## History – Evolutions

---

- 1973 - 1980:
  - Hearsay II (1973): blackboard architecture for speech recognition
  - Actor Languages (1973): messages as control structures
  - Beings (1975), Society of Minds (1978)
- 1980 - 1990:
  - Contract Net (1980): hierarchical decentralized control
  - DVMT (1984) : Distributed Interpretation
  - Subsumption architecture (1986) : Reactive Robots
  - MACE (1987) : multi-agent platforms
- 1990 - ... :
  - Self-organisation, emergence, Interactions, organisations, reputations and trust, Agent Oriented Software Engineering, ...
  - In 1995, first international conference ICMAS, since 2002, Autonomous Agents Autonomes + MAS -> AAMAS

## Inter-Disciplinary Domain...

---

- Direct Inheritance
  - Programming, Objects...
  - Artificial Intelligence,
  - Distributed Systems, Parallelism,
- But also:
  - Complex System (physics, ..., ethology, ecology, ...)
  - Artificial Life, Neural networks, ...
  - Social Psychology, Sociology, Activity Theory, Economy, ...

## Direct Inheritance

Positioning

- Object Oriented Programming:
  - Encapsulation, modularity : an object encapsulate data and methods that manage them (ex : C++, Java, Smalltalk),
  - Distribution : Distributed objects, CORBA, DCOM
  - → Actor Languages Development
- Artificial Intelligence:
  - Symbolic Reasoning Models (Expert systems, Knowledge Representation), logic, ...
  - distribution : Blackboard Architectures
- Distributed Systems

Positioning

## A Large Domain!!!

From *Autonomous Agents* to *Multi-Agent Systems*

- Autonomous Robots
- Personal Assistants
- Desktop Agents
- Softbots, Knowbots
- Mobile Agents
- Reactive Agents
- Intelligent Agents, Cooperative Agents, Conversational Agents
- Autonomous Agent in a multi-agent universe

## Plan

1. Contexte
2. Definitions
3. Positioning
4. **Multi-Agent Modeling**
5. Action Domains
6. Multi-Agent Engineering
7. Perspectives ...

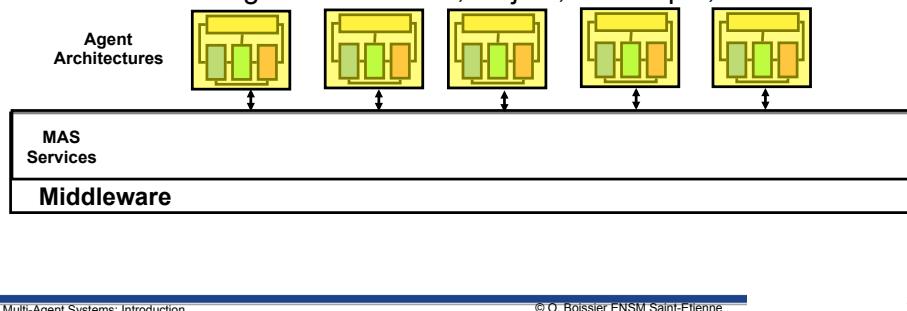
## Multi-Agent Models

- De nombreux modèles multi-agents existent dans la littérature
- Structuration possible selon :
  - quatre dimensions (“Voyelles” [Demazeau 95]) :
    - **Agent**, **Environnement**, **Interaction**, **Organisation**
  - le point de vue considéré :
    - **global** (centré sur le système), **local** (centré sur l’agent)

## Modèles d'agent

Niveau Global

- Modèles pour définir les entités actives du système (architectures internes, représentation des connaissances, ...)
  - Agents intentionnels, Agents BDI (Belief Desire Intention) [Rao 95]
  - Agents rationnels [Russel 91]
  - Agents situés [Agre 87], [Maes 90]
- Sources : Intelligence Artificielle, Objets, Robotique, ...



Multi-Agent Systems: Introduction

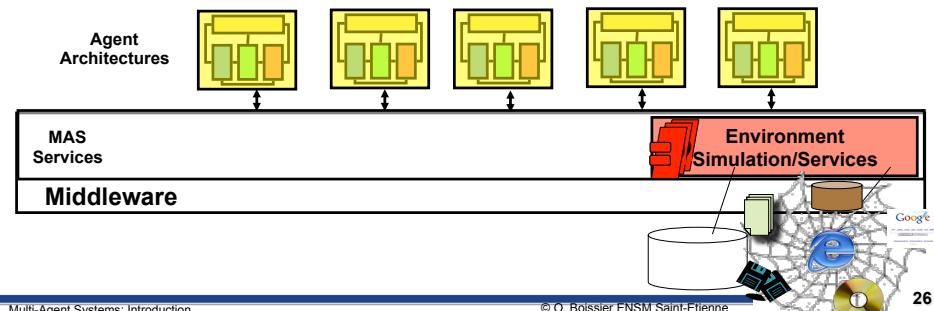
© O. Boissier ENSM Saint-Etienne

25

## Modèles d'environnement

Niveau Global

- Modèles pour définir l'espace commun partagé entre les agents
  - Abstraction **explicite, essentielle** pour le SMA, sans laquelle les agents ne peuvent exister
  - Entité **active** qui effectue la **médiation** des interactions entre agents et l'accès aux ressources
- Sources : Simulation, Physique, ...



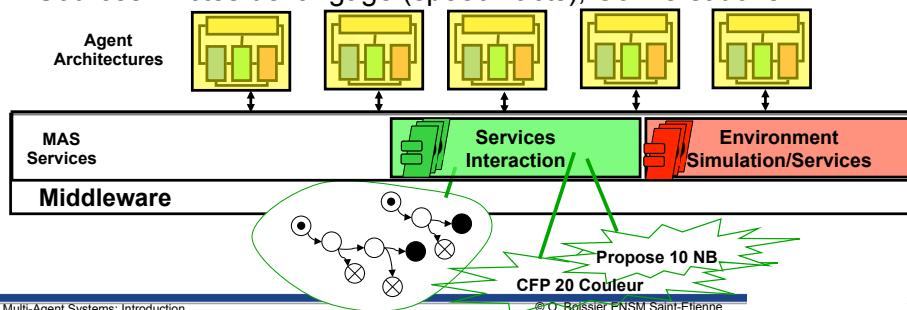
Multi-Agent Systems: Introduction

26

## Modèles d'interaction

Niveau Global

- Modèles pour définir et structurer la mise en relation **dynamique** de deux ou de plusieurs agents par le biais d'un ensemble d'actions **réciproques** s'inscrivant dans la durée (**conversations**)
  - Langages de communication entre Agents (ACL FIPA, KQML, ...) et Langages de contenus, Ontologies
  - Protocoles d'interaction, Conversations, ...
- Sources : Actes de langage (speech acts), Conversations



Multi-Agent Systems: Introduction

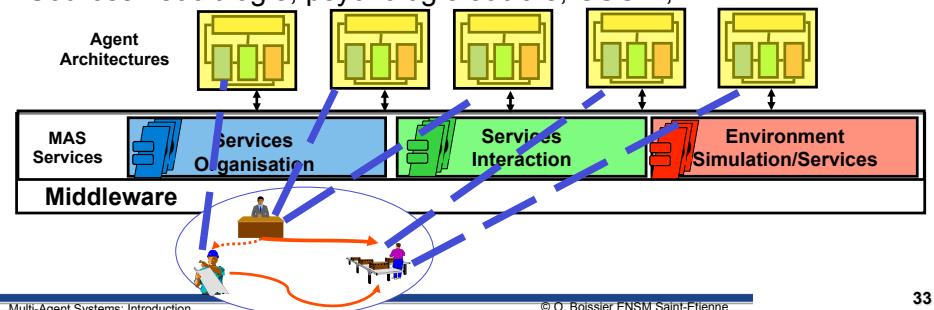
© O. Boissier ENSM Saint-Etienne

29

## Modèles d'organisation

Niveau Global

- Modèles pour définir les schéma de coopération, descriptions manipulables, définies par un concepteur ou par les agents eux-mêmes pour un objectif donné
  - Structures Organisationnelles : rôles, groupes, schémas fonctionnels, scènes d'interaction
  - RBAC pour les agents, Normes, Obligations, Permissions, Lois, ...
- Sources : sociologie, psychologie sociale, CSCW,

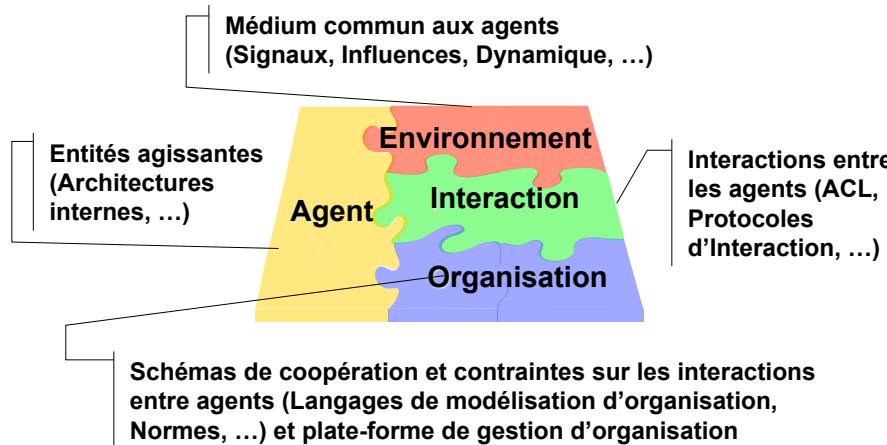


Multi-Agent Systems: Introduction

33

## Synthèse

Niveau Global



Niveau Local

**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 agents.



- Agents situés

- agents qui raisonnent sur eux-mêmes et sur leur environnement



- Agents sociaux

- agents qui raisonnent sur eux-mêmes, sur leur environnement et sur leurs interactions avec les autres



- Agents organisés ou agents normatifs délibératifs

- agents qui raisonnent sur eux-mêmes, sur leur environnement, sur leurs interactions avec les autres et sur les organisations/normes dans lesquels ils sont impliqués

## Types d'agents selon le type de contrôle

Niveau Local

- Force du couplage du raisonnement de l'agent avec les facteurs externes (environnement, autres agents, organisation/normes)

- **Agent réactif**



## Types d'agents selon le type de contrôle

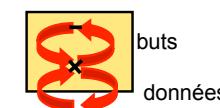
Niveau Local

- Force du couplage du raisonnement de l'agent avec les facteurs externes (environnement, autres agents, organisation/normes)

- **Agent réactif**



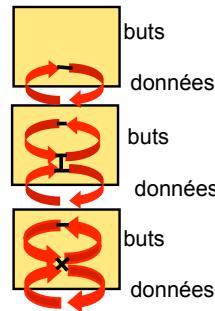
- **Agent délibératif**



## Types d'agents selon le type de contrôle

Niveau Local

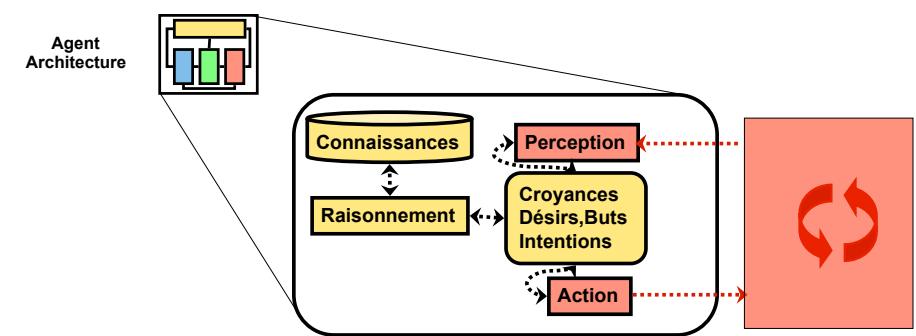
- Force du couplage du raisonnement de l'agent avec les facteurs externes (environnement, autres agents, organisation/normes)
  - Agent réactif
  - Agent hybride**
  - Agent délibératif



## Agent situé

Niveau Local

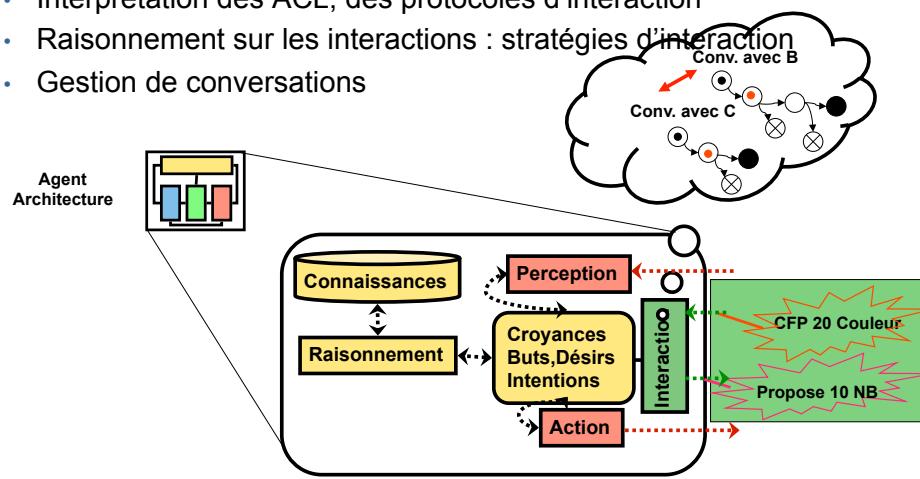
- Action,
- Perception (ex: accès à un syst. d'info., internet, ..., monde physique, monde virtuel)



## Agent social

Niveau Local

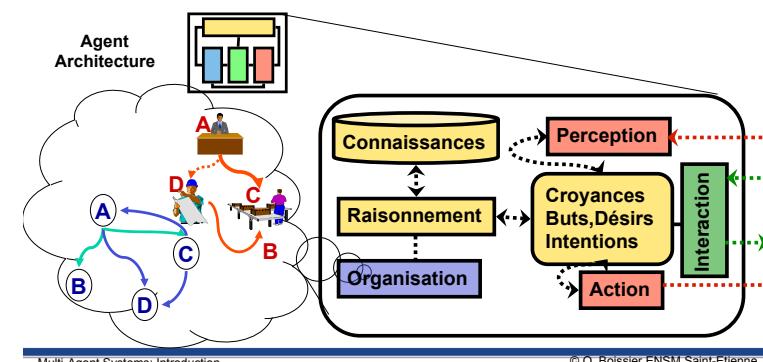
- Interprétation des ACL, des protocoles d'interaction
- Raisonnement sur les interactions : stratégies d'interaction
- Gestion de conversations



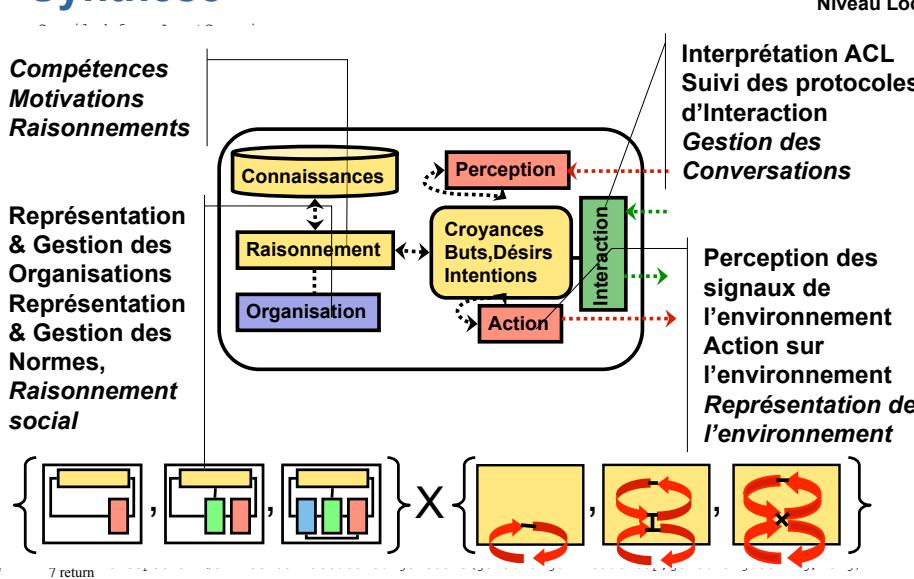
## Agent organisé

Niveau Local

- Raisonnement sur les Lois, sur les Structures organisationnelles [Carabelea 04]
- Contrats, Réseaux de dépendances [Sichman 94]
- Réputation, Confiance [Muller 06]

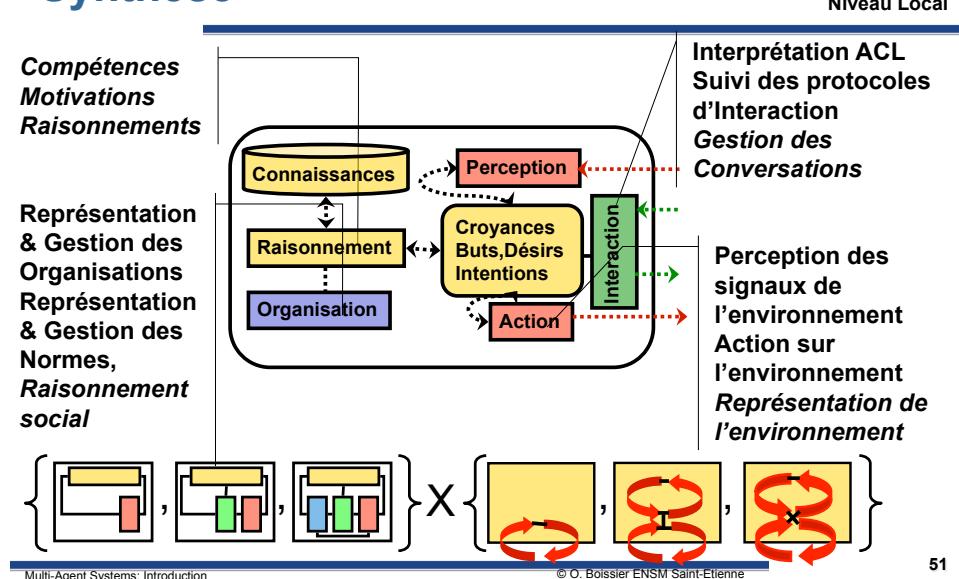


## Synthèse



7 return

## Synthèse



51

## Plan

1. Contexte
2. Definitions
3. Positioning
4. Multi-Agent Modeling
- 5. Action Domains**
6. Multi-Agent Engineering
7. Perspectives ...

## Domaines d'action des SMA

### Domaines d'action

- **Intégration, Interopérabilité d'applications hétérogènes**
  - Intégrer des logiciels, des humains ou organisations, des systèmes mécaniques et faire interopérer l'ensemble de manière cohérente et flexible
- **Résolution de problèmes**
  - Modéliser et résoudre des problèmes par coopération entre des résolutions locales
  - Approche descendante avec coordination explicite, Approche ascendante avec coordination émergente
- **Simulation**
  - Modéliser et reproduire des phénomènes du monde réel afin de comprendre ou d'expliquer leur comportement

# Intégration, Interopérabilité (1)

## Domaines d'action

- Globalisation des industries, des services, des applications informatiques
  - A l'intersection de multiples réseaux
  - La connaissance est au centre des *collaborations* et des *coopérations*
  - Internet, Web, Internet des objets sont les plate-formes supports sous-jacentes
- Inscription des industries, des services, des applications informatiques dans un environnement en évolution permanente et imprévisible
  - Combiner efficacité de la mise en œuvre des processus au cœur de l'organisation des entreprises et services
  - Tout en assurant flexibilité et agilité des processus
- Place de plus en plus centrale des utilisateurs au sein de ces réseaux de coopération et de collaboration

Multi-Agent Systems: Introduction

© O. Boissier ENSM Saint-Etienne

54

# Intégration, Interopérabilité (2)

## Domaines d'action

- Caractéristiques des applications visées :
  - Absence de vision monolithique
  - Développement incrémental, par des équipes différentes
  - Multi-\* (sites, expertises, métiers, points de vue, décisions, buts, motivations, ...)
  - Fonctionnement et évolution continuels
  - Utilisateur(s) est(sont) au centre
- Exigences principales :
  - Ouverture, perméabilité, changement en taille et en structure
  - Distribution, Absence de contrôle centralisé, localisation du contrôle et des interactions
  - Structuration en entités autonomes communicantes, faiblement couplées entre elles et avec d'autres applications
  - Traitement intensif et partage de connaissances
  - Délégation des décisions à l'application

Multi-Agent Systems: Introduction

© O. Boissier ENSM Saint-Etienne

55

# Exemple (1/3)

## Domaines d'action

### 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)



Source CLIMATE Industrial Workshop 26/4/99

Multi-Agent Systems: Introduction

© O. Boissier ENSM Saint-Etienne

56

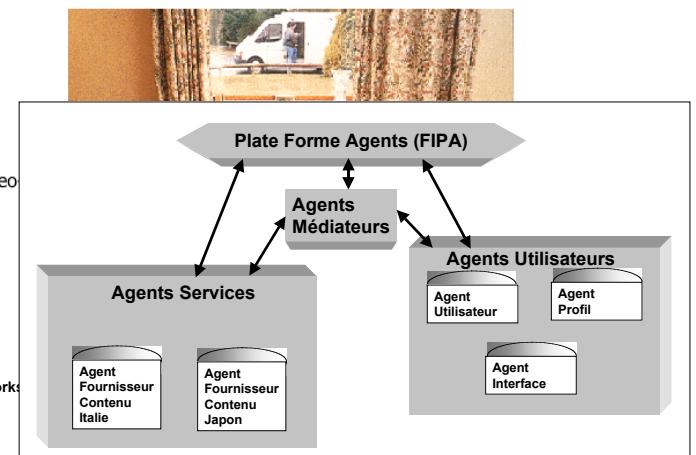
# Exemple (1/3)

## Domaines d'action

#### 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)

Source CLIMATE Industrial Work



Multi-Agent Systems: Introduction

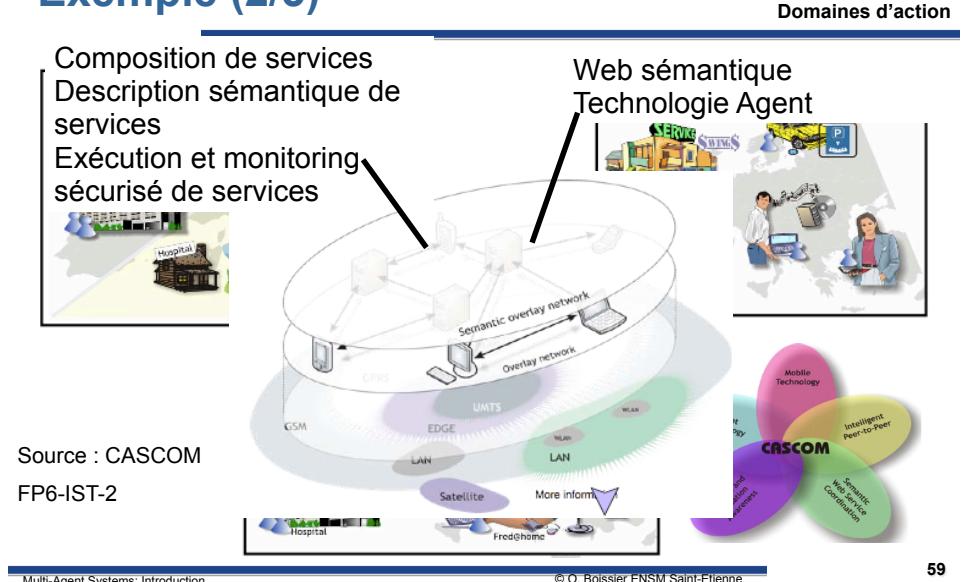
© O. Boissier ENSM Saint-Etienne

57

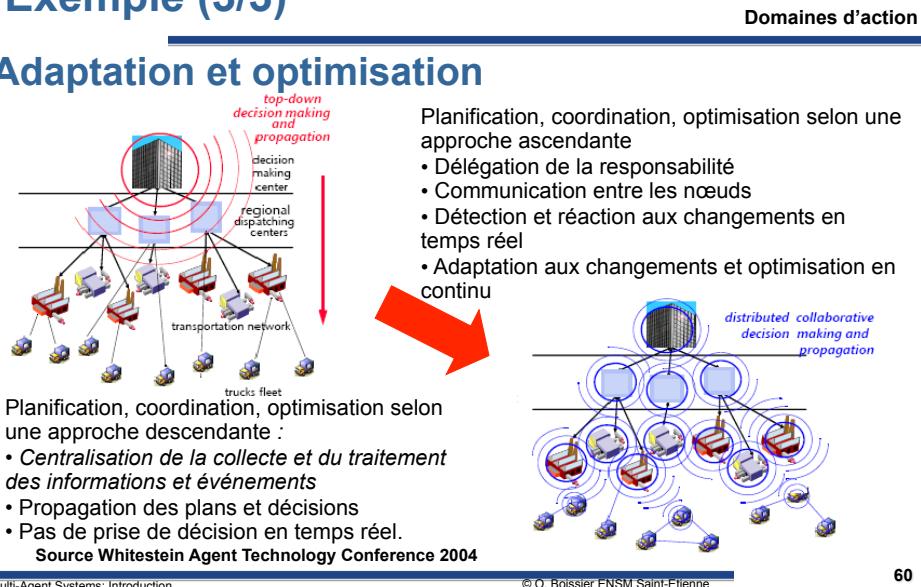
## Exemple (2/3)



## Exemple (2/3)



## Exemple (3/3)



## Domaines d'action des SMA

- Domaines d'action
- Intégration, Interopérabilité d'applications hétérogènes**
    - Intégrer des logiciels, des humains ou organisations, des systèmes mécaniques et faire interopérer l'ensemble de manière cohérente et flexible
  - Résolution de problèmes**
    - Modéliser et résoudre des problèmes par coopération entre des résolutions locales
    - Approche descendante avec coordination explicite, Approche ascendante avec coordination émergente
  - Simulation**
    - Modéliser et reproduire des phénomènes du monde réel afin de comprendre ou d'expliquer leur comportement
- Multi-Agent Systems: Introduction © O. Boissier ENSM Saint-Etienne
- 61

# Résolution de problèmes

Domaines d'action

- Caractéristiques des applications visées :
  - Absence de stratégie globale, de méthode globale de résolution
  - Interaction entre stratégies locales, entre méthodes locales de résolution
  - Solution, résultat de l'interaction de multiples points de vue locaux (points de vue, décisions, buts, motivations, ...)
  - Fonctionnement et évolution continus
- Exigences principales :
  - Décentralisation, localisation du contrôle et des interactions
  - Ouverture, perméabilité, changement en taille et en structure
  - Environnement partagé, dynamique
  - Emergence de la solution

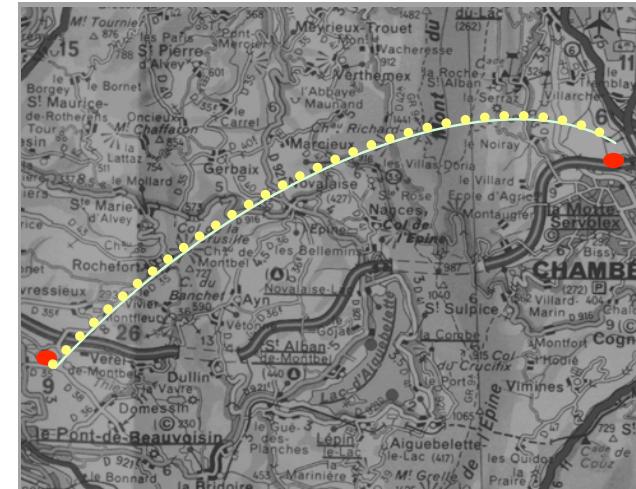
Multi-Agent Systems: Introduction

© O. Boissier ENSM Saint-Etienne

62

## Exemple (1/2)

Domaines d'action



Ferrand 97

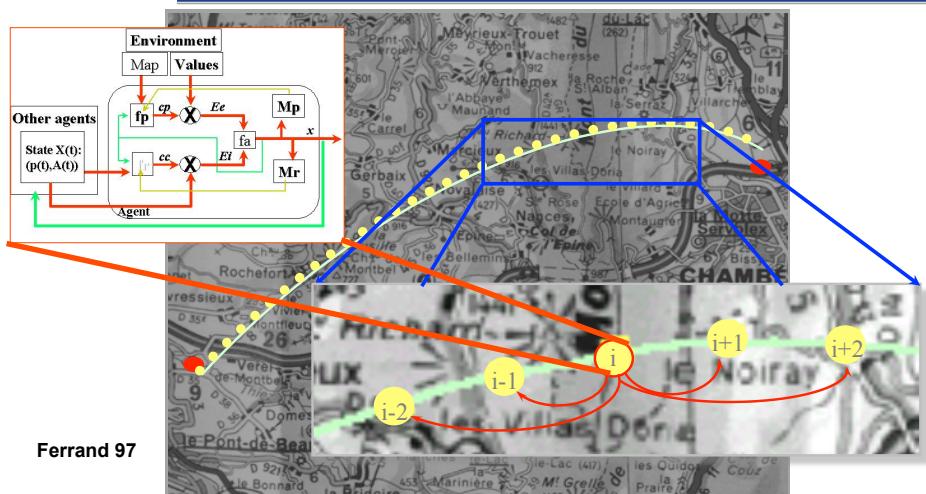
Multi-Agent Systems: Introduction

© O. Boissier ENSM Saint-Etienne

63

## Exemple (1/2)

Domaines d'action



Ferrand 97

Multi-Agent Systems: Introduction

© O. Boissier ENSM Saint-Etienne

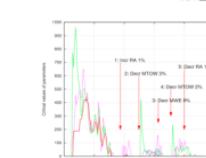
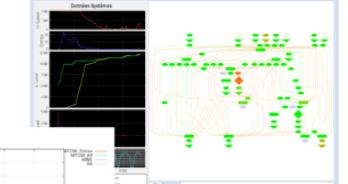
64

## Exemple (2/2)

Domaines d'action

### Conception de systèmes complexes

- Simulation et optimisation multi-disciplinaire (ID4CS)
- Conception d'un système complexe de nature :
  - Multi-niveau, Multi-disciplinaire
  - Multi-méthodes de recherche
  - Multi-objectifs, Multi-attributs
  - Incertitude
- Développement de méthodes de coopération entre techniques d'optimisation,
- Gestion et traitement des incertitudes
- Challenges
- Résolution de problèmes multi-\*, Emergence



Multi-Agent Systems: Introduction

© O. Boissier ENSM Saint-Etienne

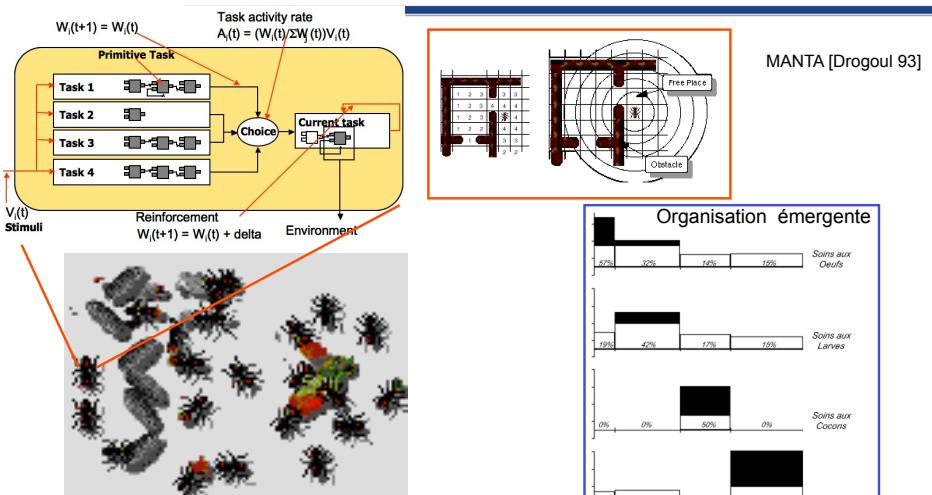
65

# Domaines d'action des SMA

Domaines d'action

- Intégration, Interopérabilité d'applications hétérogènes**
  - Intégrer des logiciels, des humains ou organisations, des systèmes mécaniques et faire interopérer l'ensemble de manière cohérente et flexible
- Résolution de problèmes**
  - Modéliser et résoudre des problèmes par coopération entre des résolutions locales
  - Approche descendante avec coordination explicite, Approche ascendante avec coordination émergente
- Simulation**
  - Modéliser et reproduire des phénomènes du monde réel afin de comprendre ou d'expliquer leur comportement

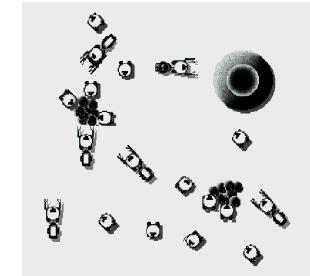
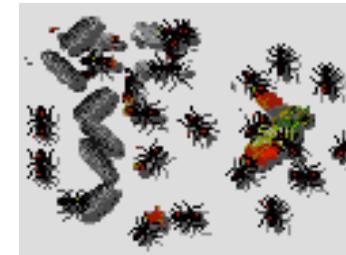
## Exemple (1/2)



## Exemple (1/2)

Domaines d'action

pour :

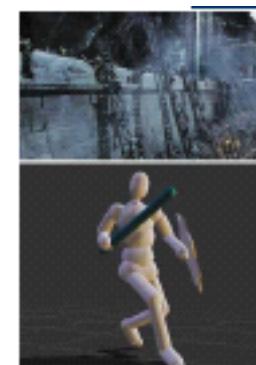


Comprendre, Expliquer  
Découvrir, ..., Aider,

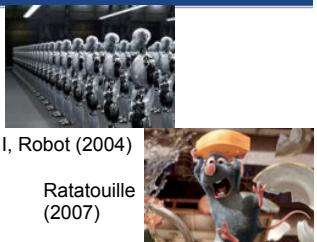
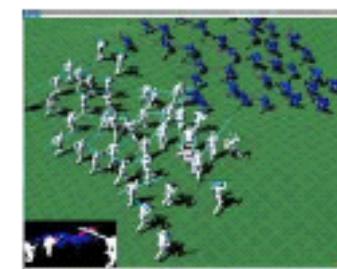
## Exemple (2/2)

Domaines d'action

<http://www.massivesoftware.com/>



The Return of the King (2003)  
The Two Towers (2002)  
The Fellowship of the Ring (2001)



..., Divertir

## Plan

---

1. Context
2. Definitions
3. Positioning
4. Multi-Agent Modeling
5. Action Domains
6. **Multi-Agent Engineering**
7. Perspectives ...

## Multi-Agent Technologies

---

[Technologies](#)

- Théories et architectures d'agent
- Mécanismes de formation de coalitions
- Planification multi-agent
- Langages de communication agent, Protocoles d'interaction
- Mécanismes d'enchères
- Stratégies et mécanismes de négociation, argumentation
- Institutions électroniques, Organisations, Normes
- Réputation, confiance
- Apprentissage mono et multi-agent
- Auto-organisation, émergence, ...

## Multi-Agent Engineering

---

- Le développement d'applications multi-agents est souvent difficile
  - implémentation, distribution, communications, ...
- Existence
  - de multiples technologies abordant des points particuliers d'un SMA
  - de langages de programmation d'agents dédiés ou reposant sur des langages de programmation existants
  - de plate-formes de programmation de systèmes multi-agents, dédiés à une architecture d'agent, proposant ou non des abstractions de premier ordre pour les environnements, interactions ou organisations
  - de standards
  - De méthodes d'analyse, conception ...
- De multiples langages, plate-formes, méthodes sont disponibles ...
- Mais souvent spécifiques à un domaine d'application.
- Lesquels choisir ? Comment choisir ? Comment comparer ?

## Declarative Approach

---

[Languages](#)

- CLAIM (Computational Language for Autonomous Intelligent and Mobile Agents)
  - Langage de programmation d'agents cognitifs
  - Partie du framework Himalaya (Hierarchical Intelligent Mobile Agents for building Large-scale and Adaptive sYstems based on Ambients)
  - Basé sur l'algèbre de processus pour représenter la concurrence et la mobilité des agents (calcul ambiant)
  - Basé sur la plate-forme SyMPA implantée en JAVA respectant le standard MASIF
- FLUX :
  - Langage de programmation d'agents cognitifs
  - Implémentation du Fluent Calculus (formalisme de représentation d'action)
  - <http://www.fluxagent.org>

## Imperative Approach

Languages

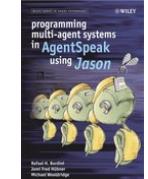
- JACK Agent Language (JAL)
  - Développé par Agent Oriented Software
  - Basé sur PRS, modèle BDI (semblable à des langages hybrides tels que Jason, 3APL, Jadex)
  - JAL est une extension de Java permettant la création de plans, de bases de croyances, ...
  - Possibilité d'utiliser des équipes d'agents, des organisations d'agent
- <http://www.agent-software.com>

Languages

## Hybrid Approach

- 3APL (An Abstract Agent Programming Language « triple-a-p-l »)

- Langage de programmation pour le développement d'agents cognitifs :
  - Par la définitions de structures pour beliefs, goals, plans, actions (internal, external or communication) et de règles de raisonnement (modification des bases de plans),
  - Par des méthodes de raisonnement pour la génération, la révision de plans pour satisfaire les buts
  - Intégration de Prolog et Java
  - <http://www.cs.uu.nl/3apl>



- Jason : interpréteur d'une version étendue de AgentSpeak(L), langage de programmation orienté agent basé sur la logique introduit par Rao.

- Communication entre agents basée sur les Speech-act (annotation des croyances par les sources d'information)
- Annotations de plans
- Fonctions de sélection, de confiance ainsi que l'architecture d'agent peuvent être adaptées (perception, belief-revision, inter-agent communication, acting)
- Intégration de code existant par l'intermédiaire d'actions internes définies par l'utilisateur
- Implémenté en java, incorpore le langage de modélisation d'organisation MOISE+, est interfacé avec la plate-forme CARTAGO
- <http://jason.sourceforge.net>

## Existing Platforms

Platforms

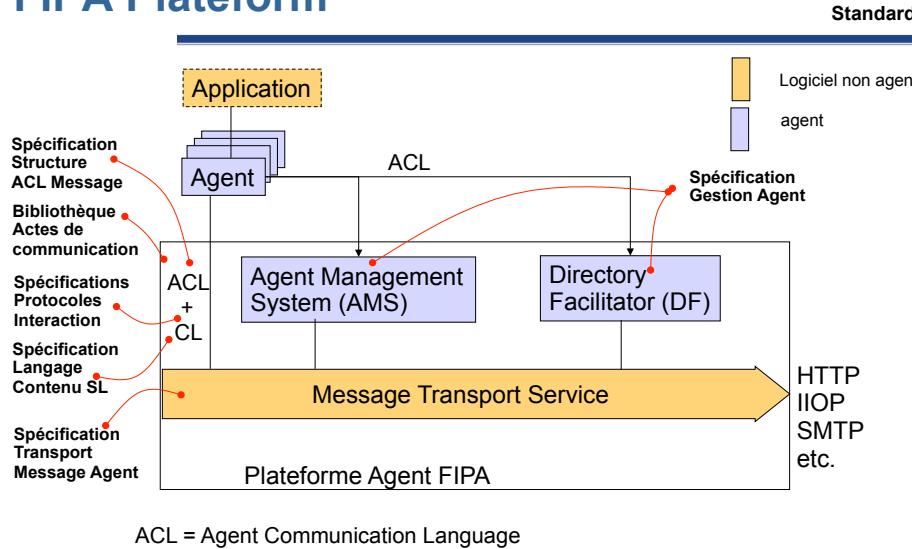
- Plate-formes
  - Respectant les standards FIPA
    - FIPA-OS (<http://sourceforge.net/projects/fipa-os/>)
    - Jade/LEAP (<http://jade.tilab.com/>)
  - Autres :
    - SACI Simple Agent Communication Infrastructure (<http://www.lti.pcs.usp.br/saci/>)
- Environnements de développement
  - Madkit ([www.madkit.org](http://www.madkit.org))
  - JADEX, modèle d'agent BDI s'appuyant sur JADE (<http://sourceforge.net/projects/jadex>)
  - JACK environnement d'exécution, compilateur, modèle d'agent BDI basé sur Procedural Reasoning System (PRS) (<http://www.agent-software.com>)
  - AgentBuilder basé sur Agent Oriented Program (AOP) (<http://www.agentbuilder.com>)
  - AgentTool (<http://macr.cis.ksu.edu/projects/agentTool/agenttool.htm>)
  - ADELFE (<http://www.irit.fr/ADELFE/>)
- Se reporter à *Software Products for MAS*, AgentLink, June 2002

Standards



- **Knowledge Sharing Effort** The DARPA Knowledge Sharing Effort
  - <http://www-ksl.stanford.edu/knowledge-sharing/>
- **MASIF - OMG** (Object Management Group) : OMG effort to standardize mobile agents - middleware services and internal middleware interfaces
  - [www.omg.org](http://www.omg.org)
- **IEEE Computer Society FIPA Standards Committee (Foundation for Intelligent Physical Agents)**
  - [www.fipa.org](http://www.fipa.org)

## FIPA Plateform

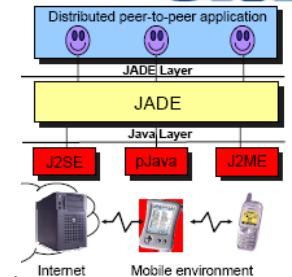


ACL = Agent Communication Language

## JADE (Java Agent DEvlopment Framework)



- Intergiciel pour le développement d'applications pair à pair d'agents intelligents
  - Sur des plateformes fixes, téléphones mobiles, ...
- Deux produits principaux :
  - Plateforme agent satisfaisant aux spécifications de la FIPA
  - API pour développer des agents en Java
- Projet Open Source, LGPL License
- Contrôlée par Telecom Italia Lab, qui reste propriétaire du projet
- Résultat des efforts conjoints de différents acteurs réunis au sein du JADE Board (fondé en 2003) dont les missions sont la promotion, la gouvernance et l'implémentation des évolutions de JADE



- Portail du projet : <http://jade.tilab.com>

## Standards & Multi-Agent Systems

Standards

- Ontologies : DAML, OIL, OWL, ...
  - <http://www.daml.org>
  - <http://www.ontoknowledge.org/oil/>
  - <http://www.w3.org/>
- Autres standards (De Facto)
  - Jini ([www.sun.com/jini](http://www.sun.com/jini)),
  - UPnP ([www.upnp.org](http://www.upnp.org)),
  - UDDI ([www.uddi.org](http://www.uddi.org)),
  - Salutation ([www.salutation.org](http://www.salutation.org))
  - mobility : Aglets ([www.trl.ibm.com/aglets/](http://www.trl.ibm.com/aglets/))
  - Web Services (<http://www.w3.org/>)
  - ...

## Multi-Agent Methodologies

Methods

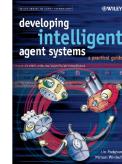
L'ingénierie d'un Système Multi-Agent doit prendre en compte deux niveaux :

- Questions du niveau Système Multi-Agents (Démarche centrée système)
  - Nombre d'agents, Quelle hétérogénéité ?
  - Quel est le médium commun (Environnement) partagé par les agents ?
  - Quels sont les mécanismes de communication mis à disposition des agents ?
  - Quels sont les langages de communication, les ontologies, les protocoles d'interaction utilisés par les agents ?
  - Quelle est l'organisation au sein de laquelle les agents évoluent ? Comment est-elle établie ?
  - Comment est-ce que les agents coordonnent leurs actions ? Comment assurer un fonctionnement cohérent ?
- Questions du niveau Agent (Démarche centrée agent)
  - Que représente un agent ? Quelles sont les actions à encapsuler dans un agent ?
  - Comment est-ce que les agents se représentent l'environnement, l'organisation dans lesquels ils évoluent ?
  - Comment est-ce que les agents traitent les interactions avec les autres agents ?
  - Quelle est la structure interne des agents ?
- **Cette Ingénierie multi-agent peut servir à l'audit d'organisation et à la re-conception**

# Outils supports aux méthodes

## Methods

- Quelques Ateliers de génie logiciel sont proposées en support des méthodologies
  - MASE AgentTool : [macr.cis.ksu.edu/projects/agentTool/agentool.htm](http://macr.cis.ksu.edu/projects/agentTool/agentool.htm)
  - ZEUS : [sourceforge.net/projects/zeusagent](http://sourceforge.net/projects/zeusagent)
  - Prometheus PDT : <http://www.cs.rmit.edu.au/agents/pdt/>
  - PASSI ToolKit : [mozart.csai.unipa.it/passi/ptk.htm](http://mozart.csai.unipa.it/passi/ptk.htm)
  - INGENIAS : [grasia.fdi.ucm.es/ingenias/](http://grasia.fdi.ucm.es/ingenias/)
  - OPM : [www.objectprocess.org](http://www.objectprocess.org)
- Du fait des multiples modèles, existent différentes manières d'approcher et de modéliser une application :
  - Agent* Oriented Software Engineering
  - Environment* Oriented Software Engineering
  - Interaction* Oriented Software Engineering
  - Organization* Oriented Software Engineering



85

## Pour aller plus loin ...

- 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
- Quelques standards
  - 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>
  - W3C <http://www.w3.org>
- Quelques adresses générales
  - Collège SMA de l'AFIA : <http://sma.lip6.fr>
  - AgentLink : <http://www.agentlink.org>
  - AgentCities : <http://www.agentcities.org>

87

# Plan

- Context
- Definitions
- Positioning
- Multi-Agent Modeling
- Action Domains
- Multi-Agent Engineering
- Perspectives ...**

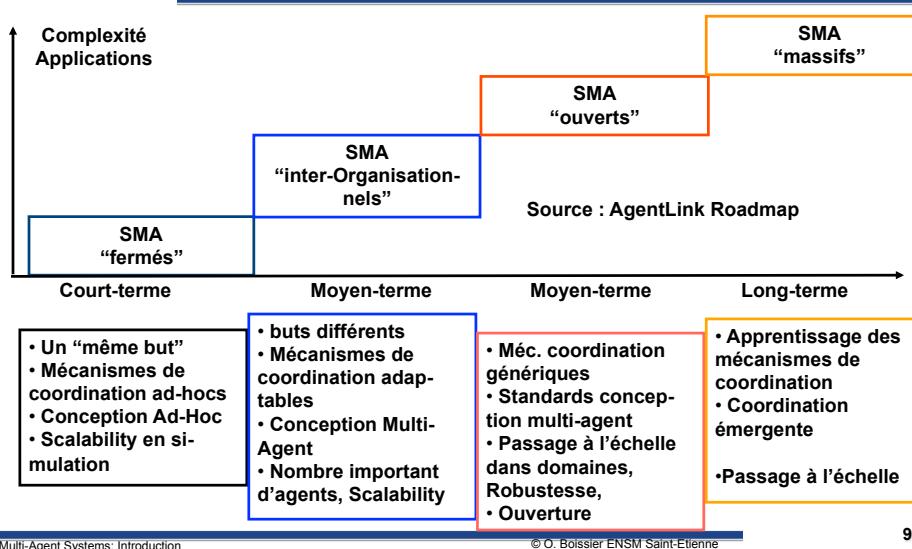
86

## 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, ...

88

## Défis Scientifiques

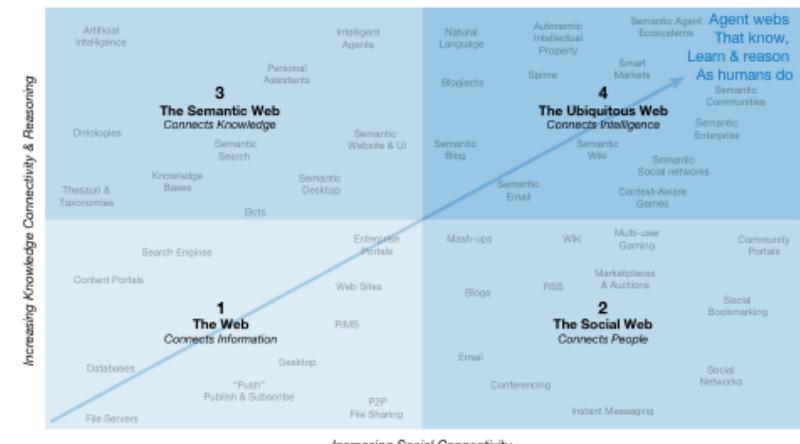


Multi-Agent Systems: Introduction

90

© O. Boissier ENSM Saint-Etienne

## Défis applicatifs



Source: Nova Spivak, Radar Networks; John Breslin, DERI; & Miles Davis, Project HOX

## Panorama du domaine (1/2)

- Conférences internationales
  - International Conference on Multi-Agent System (ICMAS) de 1995 à 2000,
  - International Conference on Autonomous Agents and MultiAgent Systems (AAMAS) depuis 2002. (<http://www.aamas-conference.org/>)
- Conférence Francophone
  - Journées Francophones SMA (<http://www.cerv.fr/jfsma08/>)
  - Collège SMA de l'AFIA (<http://sma.lip6.fr/>)
- Projets Européens
  - AgentLink (réseau d'excellence [www.agentlink.org](http://www.agentlink.org)), Roadmap ([www.agentlink.org/roadmap](http://www.agentlink.org/roadmap))
- Quelques "Success Stories"
  - Brahms ([agentsolutions.com/home.htm](http://agentsolutions.com/home.htm)) @ NASA Ames Research Center
  - Living Systems (Whitestein technologies [www.whitestein.com](http://www.whitestein.com)) @ ABX Logistics
  - eSTAR (<http://www.estar.org.uk>) intelligent robotic telescope network
  - CalicoJack (<http://www.calicojack.co.uk>)
  - Review of Industrial Deployment of Multi-Agent Systems <http://agents.felk.cvut.cz/teaching/33ui2/on-applications.pdf>

92

Multi-Agent Systems: Introduction

© O. Boissier ENSM Saint-Etienne

## Panorama du domaine (2/2)

- Standards
  - FIPA (Foundation for Intelligent Physical Agents) (<http://www.fipa.org/>)
- Compétitions
  - RoboCup** (<http://www.robocup.org/>)
  - RoboCup Rescue** (<http://www.rescuesystem.org/robocuprescue/>)
  - TAC** (<http://tac.eecs.umich.edu/association.html>)
  - ART** (<http://www.lips.utexas.edu/art-testbed/>)

Multi-Agent Systems: Introduction

93

© O. Boissier ENSM Saint-Etienne

## Panorama du domaine (3/3)

- Journaux
  - Autonomous Agents and Multi-Agent Systems
  - Artificial Intelligence
  - Knowledge Engineering Review
  - International Journal of Agent-Oriented Software Engineering (IJAOSE)
  - Web Intelligence and Agent Systems  
*An International Journal*
- Listes de diffusion
  - Agent List
    - <http://www.cs.umbc.edu/agentslist/>
  - Distributed Artificial Intelligence List
    - [DAI-List-Request@ece.sc.edu](mailto:DAI-List-Request@ece.sc.edu)
  - Liste francophone
    - [sma@loria.fr](mailto:sma@loria.fr)
    - <http://sma.ip6.fr/>



## Références

- [Agre 87] Agre, P. E. and D. Chapman (1987). "Pengi: An Implementation of a Theory of Activity". AAAI-87. The Sixth National Conference on Artificial Intelligence, Menlo Park, CA., Morgan Kaufman, Los Altos, CA
- [Bayardo 97] R.J. Bayardo et al.. InfoSleuth: Agent-Based semantic integration of information in open and dynamic environments. Proc. ACM SIGMOD Intern. Conf. on Management of Data, 1997.
- [Brooks 86] R. Brooks, J.H. Connell: *Asynchronous Distributed Control System for a mobile robot*, SPIE 727 Mobile Robots, 1986
- [Bura 91] "Eco-Résolution: un Modèle de Résolution par Interactions" Bura S., Drogoul A., Ferber J. & Jacquin E. Actes de RFIA, Lyon, 1991.
- [Carabelea 04] Cosmin Carabelea, Olivier Boissier, Cristiano Castelfranchi: Using Social Power to Enable Agents to Reason About Being Part of a Group. ESWA 2004: 166-177
- [Casare & Sichman, 05] S. J. Casare and J. S. Sichman, Towards a functional ontology of reputation, Proceedings of AAMAS'05, 2005.
- [Castelfranchi & Falcone, 98] C. Castelfranchi and R. Falcone, Principles of trust for MAS: Cognitive anatomy, social importance and quantification. Proc of ICMAS'98, pages 72-79, 1998.
- [Chavez 96] K. Chavez, P. Maes, Kasbah: an agent marketplace for buying and selling goods. Proceedings of PAAM'96, Practical Application
- [Conte & Paolucci, 02] R. Conte and M. Paolucci, Reputation in Artificial Societies. Social Beliefs for Social Order, Kluwer Academic Publishers, G. Weiss (eds), Dordrecht, The Netherlands, 2002.

## Références

## Références

- [Demazeau 95] Y.Demazeau: *From interactions to collective behaviour in agent-based systems*. In Proc. of the 1<sup>st</sup> European Conf. on Cognitive Science, Saint Malo, France, April, 1995, p. 117-132.
- [Demolombe & Lorini, 08] R. Demolombe and E. Lorini, Trust and norms in the context of computer security: a logical formalization. Proc of DEON'08, LNAI, 1998.
- [Durfee 97] Durfee, E. H., Kiskis, D. L., and Birmingham, W.P., "The Agent Architecture of the University of Michigan Digital Library", IEE/British Computer Society Proceedings on Software Engineering (Special Issue on Intelligent Agents) 144(1), February 1997.
- [Esteva 01] Marc Esteva, Julian A. Padget, Carles Sierra: Formalizing a Language for Institutions and Norms. ATAL 2001: 348-366
- [Esteva 04] Marc Esteva, Bruno Rosell, Juan A. Rodríguez-Aguilar, Josep Lluís Arcos: AMELI: An Agent-Based Middleware for Electronic Institutions. AAMAS 2004: 236-243
- [Fasli 04] M. Fasli et M. Michalakopoulos, « e-Game: a generic auction platform supporting customizable market games », IAT 2004.
- [Ferber 98] Jacques Ferber, Olivier Gutknecht: A Meta-Model for the Analysis and Design of Organizations in Multi-Agent Systems. ICMAS 1998: 128-135
- [Finin 97] KQML as an agent communication language Tim Finin, Yannis Labrou, and James Mayfield, in Jeff Bradshaw (Ed.), "Software Agents", MIT Press, Cambridge, to appear, (1997)
- [FIPA 02] <http://www.fipa.org/repository/aclspcs.html>
- [Fullam et al. 05] K. Fullam, T. Klos, G. Muller, J. Sabater-Mir, A. Schlosser, Z. Topol, S. Barber, J. Rosenschein, L. Vercouter and M. Voss, A Specification of the Agent Reputation and Trust (ART) Testbed: Experimentation and Competition for Trust in Agent Societies, Proceedings of AAMAS'05, 2005.
- [Gandon 02] Fabien Gandon, Laurent Berthelot, Rose Dieng-Kuntz, A Multi-Agent Platform for a Corporate Semantic Web, AAMAS 2002, 6th International Conference on Autonomous Agents, 5th International Conference on Multi-Agent Systems, 9th International Workshop on Agent Theories Architectures and Languages, Eds Castelfranchi C., Johnson W.L., p. 1025-1032, July 15-19, 2002, Bologna, Italy.
- [Gateau 06] Benjamin Gâteau: Using a Normative Organisational Model to Specify and Manage an Institution for Multi-agent Systems. EUMAS 2006
- [Gutknecht 00] Olivier Gutknecht, Jacques Ferber: MadKit: a generic multi-agent platform. Agents 2000: 78-79
- [Herzig et al. 08] A. Herzig, E. Lorini, J. F. Hubner, J. Ben-Naim, C. Castelfranchi, R. Demolombe, D. Longin and L. Vercouter. Prolegomena for a logic of trust and reputation, submitted to Normas 08.
- [Hubner 02] Jomi Fred Hübner, Jaime Simão Sichman, Olivier Boissier: A Model for the Structural, Functional, and Deontic Specification of Organizations in Multiagent Systems. SBIA 2002: 118-128
- [Hubner 05] Jomi Fred Hübner, Jaime Simão Sichman, Olivier Boissier: S-MOISE+: A Middleware for Developing Organised Multi-agent Systems. AAMAS Workshops 2005: 64-78
- [Hubner 07] Jomi Fred Hübner, Jaime Simão Sichman, Olivier Boissier: Developing organised multiagent systems using the MOISE. IJAOSE 1(3/4): 370-395 (2007)

## Références

- [Klusch 00] M. Klusch: Information Agent Technology for the Internet: A Survey. Journal Data & Knowledge Engineering, Kluwer Academic, 36(3), 2000
- [Klusch 96] Klusch, M., Shehory, O., 1996, Coalition Formation Among Rational Information Agents, 1996, Proc. of MAAMAW, Eindhoven, LNAI Series Vol. 1038:204-217, Springer-Verlag
- [Klusch 99] M. Klusch (ed.): Intelligent Information Agents. Springer, 1999
- [Klusch 01] M. Klusch (ed.) Special issue on Intelligent Information Agents: Theory and Applications, Intelligent Cooperative Information Systems, vol. 10(1&2), March 2001
- [Léger 99] Alain Léger, Marie-Pierre Gleizes, Hans Joachim Einsiedler. ABROSE : A Co-operative Multi-Agent Based Framework for Electronic Marketplace. Dans : InfoWin, ACTS Project Infowin (AC113), Vol. -, p. 21-36, 1999.
- [Maes 04] P. Maes, Agents that reduce work and information overload, Communications of the ACM, Vol. 37, no. 7, July 1994, special issue on Intelligent Agents.
- [Maes 90] Maes, P. (1990). "Situated Agents Can have Goals." Designing Autonomous Agents . Maes, P. (Ed.). Cambridge, MA., MIT Press: 49-70.
- [McBurney 03] P. McBurney et S. Parsons, « Dialogue Game Protocols », Communication in Multiagent Systems, M.-P. Hugot (ed.), LNCS 2650, 2003.
- [Mui et al., 02] L. Mui and M. Mohashemi and A. Halberstadt, Notions of Reputation in Multi-agent Systems: A Review, Proceedings of Autonomous Agents and Multi-Agent Systems (AAMAS'02), p. 280-287, 2002, C. Castelfranchi and W.L. Johnson (eds), Bologna, Italy, July, ACM Press, New York, NY, United States of America.

## Références

- [Muller & Vercouter, 05] G. Muller and L. Vercouter, Decentralized Monitoring of Agent Communication with a Reputation Model, Trusting Agents for trusting Electronic Societies, LNCS 3577, 2005.
- [Muller 08] G. Muller, L. Vercouter, Trust and Reputation, cours EASSS 08
- [Nodine 99] M. Nodine and J. Fowler. An overview of active information gathering in Infosleuth. Proc. Intern. Conference on Autonomous Agents, USA, 1999.
- [Parsons 03] S. Parsons et P. McBurney, « Argumentation-based Communication between Agents », Communication in Multiagent Systems, M.-P. Hugot (ed.), LNCS 2650, 2003.
- [Pynadath 03] David V. Pynadath, Milind Tambe: An Automated Teamwork Infrastructure for Heterogeneous Software Agents and Humans. Autonomous Agents and Multi-Agent Systems 7(1-2): 71-100 (2003)
- [Rao 95] A. S. Rao and M. P. Georgeff, BDI-agents: from theory to practice, Proceedings of the First Intl. Conference on Multiagent Systems, 1995
- [Ricci 07] Alessandro Ricci, Mirko Viroli, Andrea Omicini. "Give Agents their Artifacts": The A&A Approach for Engineering Working Environments in MAS. 6th International Joint Conference "Autonomous Agents & Multi-Agent Systems" (AAMAS 2007)
- [Russel 91] Stuart Russell and Eric Wefald. Do The Right Thing. The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 1991
- [Shardanand 95] U. Shardanand, P. Maes (1995): Social Information Filtering: Algorithms for Automating ``Word of Mouth'', In: Proceedings of the CHI '95

## Références

- [Sichman 94] Jaime Simão Sichman, Rosaria Conte, Cristiano Castelfranchi, Yves Demazeau: A Social Reasoning Mechanism Based On Dependence Networks. ECAI 1994: 188-192
- [Smith 80] : R.G. Smith, « *The contract net protocol: High-level communication and control in a distributed problem solver* », IEEE Transactions on Computers, C29 (12), 1980.
- [Sycara 00] K. Sycara, S. Widoff, M. Klusch, J. Lu: LARKS: Dynamic Matchmaking Among Heterogeneous Software Agents in Cyberspace. Journal on Autonomous Agents and Multi- Agent Systems, Kluwer, 2000
- [Sycara 99] K. Sycara: In-context information management through adaptive collaboration of intelligent agents. In M. Klusch (ed.), Intelligent Information Agents, Springer, 1999.
- [Tambe 98] Milind Tambe: Implementing Agent Teams in Dynamic Multiagent Environments. Applied Artificial Intelligence 12(2-3): 189-210 (1998)
- [Terziyan 07] Vagan Terziyan, MIT Department, University of Jyvaskyla, AI Department, Kharkov National University of Radioelectronics <http://www.cs.jyu.fi/ai/vagan/index.html>
- [Van Elst 01] Ludger van Elst and Andreas Abecker: Ontology-Related Services in Agent-Based Distributed Information Infrastructures. In: Proceedings of the Thirteenth International Conference on Software Engineering & Knowledge Engineering, June 13-15, 2001, Buenos Aires, Argentina, pp. 79-85.
- [Walton 07] Christopher Walton. Agency and the Semantic Web. Oxford University Press, 2007.
- [Weyns 06] Danny Weyns, Tom Holvoet: A Reference Architecture for Situated Multiagent Systems. E4MAS 2006: 1-40

## Références

- [Wurman 98] : P. Wurman, M. Wellman et W. Walsh, « The Michigan Internet AuctionBot: a configurable auction server for human and software agents », Autonomous Agents 1998.
- [Zeng 97] Zeng, D. and Sycara, K. (1997). Benefits of Learning in Negotiation, In: Proceedings of AAAI-97
- E-Game : <http://csres43.essex.ac.uk:8080/elearn/eg/>