

**Systemes Collectifs Adaptatifs**  
et  
**Systemes Multi-Agents**  
— ~ —  
Partie 2 - Agents et Systemes Multi-Agents  
— ~ —



@Web : <http://im.univ-reunion.fr/staff/courcier/>  
@mail : [Remy.Courcier@univ-reunion.fr](mailto:Remy.Courcier@univ-reunion.fr)

Partie 2 - V2.1 © 2024 Rémy COURDIER - Tous droits réservés 2

2

## Notes

---

---

---

---

---

---

---

---

Systemes Collectifs Adaptatifs et Systemes Multi-Agents  
**Sommaire**

Partie 2 : Agents et Systemes Multi-Agents

- La notion d'Agents
- La notion de Systeme Multi-Agents
- Typologie d'agents dans un SMA
- Concepts
- Applications
- La simulation multi-agents
- Principaux themes de recherches SMA

Partie 2 - V2.1 © 2024 Rémy COURDIER - Tous droits réservés 3

3

## Notes

---

---

---

---

---

---

---

---

Systemes Collectifs Adaptatifs et Systemes Multi-Agents  
**Sommaire**

Partie 2 : Agents et Systemes Multi-Agents

- La notion d'Agents
  - ✓ Vers la distribution d'entités autonomes
  - ✓ Agent et « distributed intelligence »
  - ✓ Définition
  - ✓ L'Agent face à l'Objet
- La notion de Systeme Multi-Agents
- Typologie
- Concepts
- Applications
- La simulation multi-agents
- Principaux themes de recherches & manifestations SMA

Partie 2 - V2.1 © 2024 Rémy COURDIER - Tous droits réservés 4

4

## Notes

---

---

---

---

---

---

---

---

## Notes

### Systèmes Collectifs Adaptatifs et Systèmes Multi-Agents L'Agent / Vers la distribution d'entités autonomes

- Tendances des systèmes automatisés
  - ✓ *L'informatique se veut communicante distribuée*
  - ✓ *Multiplication et décentralisation des systèmes possédant de l'intelligence*
  - ✓ *Les logiciels changent de concepts - composants dynamiques communicants*
  - ✓ *Les logiciels intègrent de plus en plus d'intelligence et d'autonomie (négociation automatique, partage de ressources, ...)*
- Exemple
  - ✓ *Domotique, jeux, robot d'exploration spatial ou sous marin, satellite ou sonde spatiale, robot militaire, ...*

Partie 2 - V2.1

© 2024 Rémy COURDIER - Tous droits réservés

5

5

## Notes

### Systèmes Collectifs Adaptatifs et Systèmes Multi-Agents L'Agent / Définition

On appelle agent une entité physique ou virtuelle qui possède tout ou partie des fonctionnalités suivantes :

- ✓ *est capable d'agir dans un environnement*
- ✓ *peut communiquer avec d'autres agents*
- ✓ *est mue par un ensemble de tendances*
- ✓ *possède des ressources propres*
- ✓ *est capable de percevoir son environnement*
- ✓ *possède des compétences et offre des services*
- ✓ *Dont le comportement tend à satisfaire ses objectifs.*

Partie 2 - V2.1

© 2024 Rémy COURDIER - Tous droits réservés

6

6

## Notes

### Systèmes Collectifs Adaptatifs et Systèmes Multi-Agents Propriétés d'un agent



NR Jennings, M Wooldrige, G Weiss, J Ferber, LS Sterling, ...



Partie 2 - V2.1

© 2024 Rémy COURDIER - Tous droits réservés

7

7

## Notes

Systemes Collectifs Adaptatifs et Systemes Multi-Agents  
L'Agent / L'Agent face à l'Objet

- Des similarités
  - Dispose d'un « état interne »
  - Comprend des structures de comportement modulaires,
  - Communiquent par envoi de messages
  - Agissent pour modifier leur état
- Des différences
  - ✓ L'objet
    - Pas d'autonomie d'action : Pour agir, un objet **doit être** invoqué par un appel de méthode qu'il ne peut refuser
    - Protocole d'interaction simple et rigide (invocation de méthodes)
  - ✓ L'agent
    - Autonomie de contrôle : l'agent décide de son comportement en fonction de son état, croyances, perceptions de l'environnement,
    - Proactivité : l'agent doit pouvoir agir de sa propre initiative pour satisfaire son ou ses buts

Partie 2 - V2.1 © 2024 Rémy COURDIER - Tous droits réservés 8

8

---

---

---

---

---

---

---

---

## Notes

Systemes Collectifs Adaptatifs et Systemes Multi-Agents  
**Sommaire**

Partie 2 : Agents et Systemes Multi-Agents

- La notion d'Agents
- ➔ ■ La notion de Systeme Multi-Agents
  - ✓ Pour une intelligence collective
  - ✓ Objectifs et cadre de travail
  - ✓ Approche
  - ✓ Définition
  - ✓ Principe
- Typologie d'agents dans un SMA
- Concepts
- Applications
- La simulation multi-agents
- Principaux outils & manifestations SMA

Partie 2 - V2.1 © 2024 Rémy COURDIER - Tous droits réservés 9

9

---

---

---

---

---

---

---

---

## Notes

Systemes Collectifs Adaptatifs et Systemes Multi-Agents  
SMA / Pour une intelligence collective

de l'IA vers l'organisation artificielle...

- Toute activité simple ou complexe (résolution de problème, diagnostique, aide à la décision,...) est le fruit d'une interaction entre entités relativement autonomes et indépendantes appelées *agents*
- Ces agents travaillent au sein de communautés selon des modes parfois complexes de coopération, de conflit et de concurrence, pour survivre et perpétuer
- Des structures organisées peuvent émerger suite aux interactions et en retour contraindre et modifier le comportement des agents

Partie 2 - V2.1 © 2024 Rémy COURDIER - Tous droits réservés 10

10

---

---

---

---

---

---

---

---

## Notes

Systemes Collectifs Adaptatifs et Systemes Multi-Agents  
SMA / Objectifs et cadre de travail

- Travailler sur l'interaction
  - ✓ L'interaction est au centre de la problematique des logiciels et systemes complexes
- Objectifs de travailler au niveau d'un systeme d'agents
  - Definir et Maitriser differents modes d'interaction entre agents applicables dans la resolution de nombreux problemes
  - ✓ La coexistence
  - ✓ La coordination
  - ✓ La cooperation
  - ✓ La collaboration
  - ✓ La competition
  - ✓ L'emergence

**Cadre SMA**

- Fonctionnement asynchrone
- Pas de systeme central de controle
- Des donnees distribuees
- Agents a competences restreintes

Partie 2 - V2.1 © 2024 Rémy COURDIER - Tous droits réservés 11

11

---

---

---

---

---

---

---

---

## Notes

Systemes Collectifs Adaptatifs et Systemes Multi-Agents  
SMA / Approche

- L'approche SMA ne s'interesse pas la recherche de solution optimales
- Elle recherche des solutions satisfaisantes pour des problemes complexes du type :
  - ✓ Systemes ouverts aux structures instables
  - ✓ Systeme travaillant sur des environnements distribues et evolutifs
  - ✓ Problemes avec cooperation, negociation
  - ✓ Systeme integrant des aspects spatio-temporels
- Le point cle consiste a proposer des solutions informatiques robustes supportant la dynamique des systemes constitues d'entites autonomes et hautement communicantes

Partie 2 - V2.1 © 2024 Rémy COURDIER - Tous droits réservés 12

12

---

---

---

---

---

---

---

---

## Notes

Cours Systemes Multi-Agents - Seconde Partie  
SMA / Definition

- Systeme Multi-Agents (SMA)
  - ensemble d'agents qui interagissent dans un environnement commun
- Un systeme compose des elements suivants :
  - Un environnement E
  - Un ensemble O d'objets
  - Un ensemble A d'agents (A inclu dans O)
  - Un ensemble de relations R qui unissent des objets entre eux
  - Un ensemble d'operations Op permettant aux agents A de percevoir, produire, consommer, transformer et manipuler des objets de O.

Partie 2 - V2.1 © 2024 Rémy COURDIER - Tous droits réservés 13

13

---

---

---

---

---

---

---

---

## Notes

Systemes Collectifs Adaptatifs et Systemes Multi-Agents  
Proprietes d'un agent dans un SMA

- Autonome**  
 Son comportement est fonction de ses perceptions qui agissent sur son etat, et de sa representation de l'environnement dans lequel il evolue. **Aucun super controleur ne peut le piloter de l'exterieur.**
- Flexible**  
 Il adapte son comportement a sa perception de l'environnement et peut s'integrer a des organisations (groupes) pour mieux atteindre son objectif.
- Proactif**  
 Il peut prendre des initiatives afin de satisfaire ses buts. Pour se faire, il n'est pas soumis a l'invocation d'une autre entite pour agir mais peut agir sur sa propre initiative.
- Social**  
 Il est capable d'interagir et de cooperer avec d'autres agents pour atteindre des objectifs propres ou communs ou pour aider d'autres agents dans leurs activites.
- Situe**  
 Capacite a percevoir un environnement au travers de metriques spatio-temporels dans lequel il peut agir de facon limitee.

Partie 2 - V2.1 © 2024 Rémy COURDIÉ - Tous droits réservés 14

14

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Notes

Systemes Collectifs Adaptatifs et Systemes Multi-Agents  
L'Agent au sein du SMA

Partie 2 - V2.1 © 2024 Rémy COURDIÉ - Tous droits réservés 15

15

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Notes

Systemes Collectifs Adaptatifs et Systemes Multi-Agents  
SMA / Principe

Partie 2 - V2.1 © 2024 Rémy COURDIÉ - Tous droits réservés 16

16

---

---

---

---

---

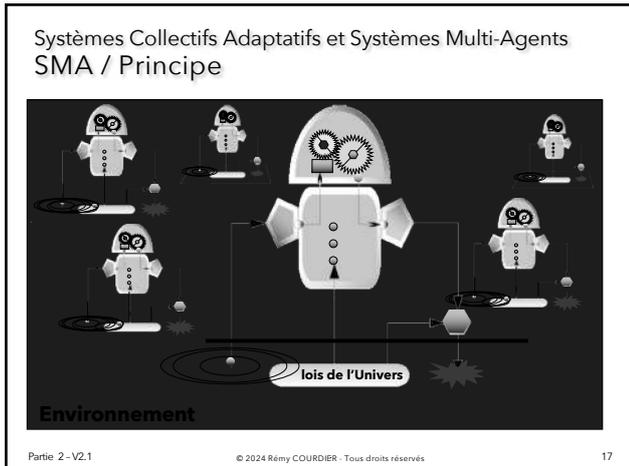
---

---

---

---

---



17

*Notes*

---

---

---

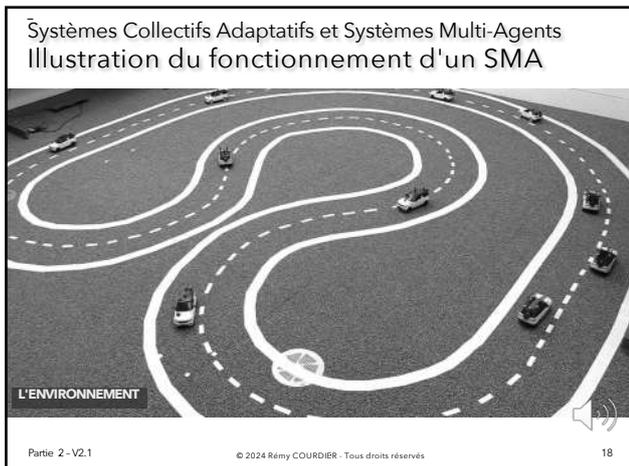
---

---

---

---

---



18

*Notes*

---

---

---

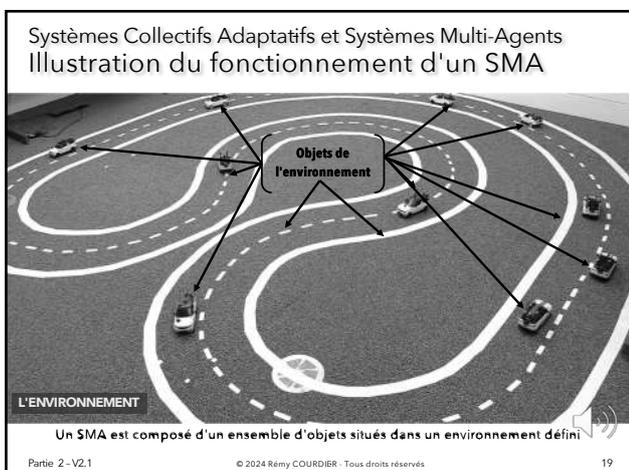
---

---

---

---

---



19

*Notes*

---

---

---

---

---

---

---

---

Systèmes Collectifs Adaptatifs et Systèmes Multi-Agents  
Illustration du fonctionnement d'un SMA

Capacités de perception limitées

Perception  
L'ENVIRONNEMENT

Un agent est une entité qui perçoit son environnement

Partie 2 - V2.1 © 2024 Rémy COURDIER - Tous droits réservés 20

20

## Notes

---

---

---

---

---

---

---

---

Systèmes Collectifs Adaptatifs et Systèmes Multi-Agents  
Illustration du fonctionnement d'un SMA

Capacité de représentation plus ou moins évoluée de son environnement

Représentation  
Perception  
L'ENVIRONNEMENT

Un agent possède des connaissances propres

Partie 2 - V2.1 © 2024 Rémy COURDIER - Tous droits réservés 21

21

## Notes

---

---

---

---

---

---

---

---

Systèmes Collectifs Adaptatifs et Systèmes Multi-Agents  
Illustration du fonctionnement d'un SMA

Objectifs / Buts

- Maintenir une trajectoire stable
- Optimiser la vitesse et l'accélération
- Minimiser le temps passé dans la manœuvre

Objectifs  
Représentation  
Perception  
L'ENVIRONNEMENT

Un agent agit d'une façon autonome pour atteindre les buts pour lesquels il a été conçu

Partie 2 - V2.1 © 2024 Rémy COURDIER - Tous droits réservés 22

22

## Notes

---

---

---

---

---

---

---

---

## Notes

Systemes Collectifs Adaptatifs et Systemes Multi-Agents  
Illustration du fonctionnement d'un SMA

Communication

- Intention de depassement
- Demande de cooperation

Objectifs

Action

Communication  
Objectifs  
Representation  
Perception  
L'ENVIRONNEMENT

Chaque agent possede des informations ou des capacites de resolution de problemes limites.

Partie 2 - V2.1 © 2024 Rémy COURDIÉ - Tous droits réservés 23

23

---

---

---

---

---

---

---

---

## Notes

Systemes Collectifs Adaptatifs et Systemes Multi-Agents  
Illustration du fonctionnement d'un SMA

Communication

Objectifs

Action

Action  
Communication  
Objectifs  
Representation  
Perception  
L'ENVIRONNEMENT

Un agent est une entite autonome capable d'agir sur elle-meme et sur son environnement

Partie 2 - V2.1 © 2024 Rémy COURDIÉ - Tous droits réservés 24

24

---

---

---

---

---

---

---

---

## Notes

Systemes Collectifs Adaptatifs et Systemes Multi-Agents  
Illustration du fonctionnement d'un SMA

Action

Action  
Communication  
Objectifs  
Representation  
Perception  
L'ENVIRONNEMENT

Un systeme multi-agents est un systeme distribue sans controle central compose d'un ensemble d'agents

Partie 2 - V2.1 © 2024 Rémy COURDIÉ - Tous droits réservés 25

25

---

---

---

---

---

---

---

---

## Notes

---

---

---

---

---

---

---

---

Systèmes Collectifs Adaptatifs et Systèmes Multi-Agents

### Sommaire

Partie 2 : Agents et Systèmes Multi-Agents

- La notion d'Agents
- La notion de Système Multi-Agents
- Typologie d'agents dans un SMA
  - ✓ Agent Réactif - Idée, Principe, Résultats, Limites
  - ✓ Agent Cognitif
  - ✓ Agent Hybride
  - ✓ Exemple
- Concepts
- Applications
- La simulation multi-agents
- Principaux thèmes de recherches & manifestations SMA

Partie 2 - V2.1 © 2024 Rémy COURDIER - Tous droits réservés 26

26

## Notes

---

---

---

---

---

---

---

---

Systèmes Collectifs Adaptatifs et Systèmes Multi-Agents

### Typologie/Agent Réactif

- Agent Réactif : (Architecture à subsomptions)

Il n'est pas nécessaire que les agents soient *intelligents* individuellement pour que le système ait un comportement global *intelligent*

  - Non prise en compte du passé
  - Utilisation de mécanismes de réaction aux événements
- Thèse de Brooks :
  1. Le comportement intelligent peut-être généré sans explicite représentation du genre de celui de l'IA classique
  2. Le comportement intelligent peut-être généré sans explicite raisonnement abstrait du genre de l'IA classique
  3. L'intelligence est une propriété émergente de certains systèmes complexes

Partie 2 - V2.1 © 2024 Rémy COURDIER - Tous droits réservés 27

27

## Notes

---

---

---

---

---

---

---

---

Systèmes Collectifs Adaptatifs et Systèmes Multi-Agents

### Typologie / Agent Réactif / Principe

- La modélisation de systèmes complexes par des agents réactifs utilise une représentation sub-symbolique du monde au travers de structures de type stimulus/actions.
- Les agents réactifs ne manipulent pas des symboles explicites ou abstraits pour comprendre ou modéliser leur environnement. Ils répondent directement à leur environnement à travers des stimuli et des réactions automatiques qui ne nécessitent pas de compréhension consciente ou d'interprétation symbolique.
- Cette approche conduit à la construction d'applications composées de nombreux petits agents du type automate simple mais dont les schémas interactionnels permettent de faire émerger des structures abstraites de plus haut niveau utilisées pour représenter des phénomènes observables dans le système.
- Les systèmes résultants sont simples en charge de traitement et peuvent donner des résultats impressionnants vs l'IA classique (Wooldridge)

Partie 2 - V2.1 © 2024 Rémy COURDIER - Tous droits réservés 28

28

## Notes

### Systèmes Collectifs Adaptatifs et Systèmes Multi-Agents Typologie / Agent Réactif / Résultats

- Si l'on considère ces phénomènes d'émergences pour les systèmes collectifs naturels et l'étude de comportements adaptatifs des animaux, tels qu'ils sont définis dans l'approche *animat*, l'émergence représente alors des structures d'organisations collectives fonctionnelles complexes caractérisant des phénomènes d'auto-organisation.
- On a pu montrer sur des cas d'école que sur la base de mécanismes de contrôle auto-adaptatifs, il est possible d'utiliser ce type de systèmes multi-agents réactifs, qui n'introduit pas de structure cognitive de haut niveau (planification, raisonnement, etc.), pour la simulation de systèmes naturels et dans le domaine de la robotique.
- Cette approche a notamment fait ses preuves en éthologie (fourmière, essaim d'abeilles), animation de foules, simulation de phénomènes naturels, robotique...

Partie 2 - V2.1

© 2024 Rémy COURDIER - Tous droits réservés

29

29

---

---

---

---

---

---

---

---

### Systèmes Collectifs Adaptatifs et Systèmes Multi-Agents Exemple de SMA Réactifs



Effets spéciaux d'animation de foules

Partie 2 - V2.1

© 2024 Rémy COURDIER - Tous droits réservés

30

30

## Notes

---

---

---

---

---

---

---

---

### Systèmes Collectifs Adaptatifs et Systèmes Multi-Agents Typologie / Agent Réactif / Limites

- Dépendance à l'information locale : Chaque agent a besoin d'informations locales sur son environnement immédiat pour prendre ses décisions. Ils ne disposent pas d'une vision globale de la situation.
- Incapacité à planifier : Les décisions d'un agent réactif ne peuvent pas anticiper les situations à long terme, car ces agents fonctionnent de manière purement réactive, sans planification ou prévision.
- Difficulté à gérer l'émergence : La conception de ces systèmes est très complexe, car les phénomènes d'émergence sont difficiles à appréhender et à contrôler dans leur globalité.
- Complexité dans la modélisation de comportements hiérarchiques : Construire des agents comportant des couches hiérarchiques de comportements est difficile, car les architectures réactives simples ne supportent pas bien les structures comportementales complexes.

Partie 2 - V2.1

© 2024 Rémy COURDIER - Tous droits réservés

31

31

## Notes

---

---

---

---

---

---

---

---

## Notes

Systèmes Collectifs Adaptatifs et Systèmes Multi-Agents  
Typologie / Agent Cognitifs / Définition

- Agent cognitif
  - Agent plus complexe qui possède des facultés de mémorisation et de raisonnement logique
  - Particulièrement adapté à des problématique telles que la planification ou les systèmes nécessitant de la négociation
  - Il est fréquent qu'un SMA possède un nombre réduit d'agents cognitifs utilisant des représentations complexes de connaissances pour agir.
- Agent basé sur le raisonnement symbolique
  - Ces agents utilisent une représentation symbolique pour représenter des concepts abstraits, des objets ou des relations du monde. Ces symboles sont combinés en formules selon des règles logiques.
  - Ils manipulent ces formules en respectant des règles formelles (comme celles de la déduction logique) pour tirer des conclusions.
- Exemple
  - Agent chargé de planifier des trajectoires tout en négociant des priorités avec d'autres agents dans un système de trafic aérien.

Partie 2 - V2.1 © 2024 Rémy COURDIER - Tous droits réservés 32

32

---

---

---

---

---

---

---

---

## Notes

Systèmes Collectifs Adaptatifs et Systèmes Multi-Agents  
Typologie / Agent cognitifs / Principe

- Complexité des algorithmes de manipulation symboliques
- Difficulté de concevoir les opérations sur des représentations symboliques de données, souvent en raison de la quantité d'informations à définir les règles logiques à appliquer.
- Robustesse
  - Les décisions prises par les agents cognitifs peuvent être influencées par de nombreux facteurs (perception de l'environnement, réseau social, croyances), ce qui peut rendre leur compréhension difficile et entraîner des difficultés de validation du SMA.
- Complexité computationnelle
  - Dans certains type de systèmes (IoT) Les algorithmes de manipulation symbolique peuvent exiger des ressources de calcul importantes, rendant leur mise en œuvre difficile dans des systèmes temps réel ou à ressources limitées.
- Éthique et biais
  - Les agents cognitifs peuvent être conduits à négocier et prendre des décisions en autonomie et peuvent reproduire ou amplifier des biais de conception

Partie 2 - V2.1 © 2024 Rémy COURDIER - Tous droits réservés 33

33

---

---

---

---

---

---

---

---

## Notes

Systèmes Collectifs Adaptatifs et Systèmes Multi-Agents  
Typologie / Agent cognitifs / architecture BDI

Architecture BDI « Beliefs, Desires, Intentions »

- Démarche logique : « Practical Reasoning » fondée sur des extensions de la logique.
- Processus de de prise de décision de l'agent :
  1. L'agent met à jour ses Croyances : dépilement des boîtes aux lettres de messages et perceptions de l'environnement
  2. L'agent définit ses Désirs : états que l'agent souhaite atteindre
  3. L'agent définit ses Intentions : choix de certains états à atteindre
  4. L'agent sélectionne les actions à exécuter

Partie 2 - V2.1 © 2024 Rémy COURDIER - Tous droits réservés 34

34

---

---

---

---

---

---

---

---

## Notes

Systemes Collectifs Adaptatifs et Systemes Multi-Agents  
Typologie/Agent Hybride/Dualite Cognitif-Reactif

■ Agent Cognitif

organized agents	socials laws
negociating agents	conflict resolution
intentional agents	intentions, engagement
cooperative agents	task allocation
comm.modules	comm. protocols
processes, actors	comm. primitives

■ Agent Reactif

organized agents	colonies
reproducing agents	reprod mechanisms
cooperative agents	recruiting & agregating
coordinated agents	activation/ inhibition
stimulus answer	finite state automata

[Erceau 91]

Partie 2 - V2.1 © 2024 Rémy COURDIÉ - Tous droits réservés 35

35

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Notes

Systemes Collectifs Adaptatifs et Systemes Multi-Agents  
Typologie/Agent Hybride/Définition

**Cognitif**

Représentation mentale du monde  
Contexte : BDI (cognitif >>> réactif)

**Reactif**

Représentation sub-symbolique (senseur)  
Contexte : Animats (réactif >>> cognitif)

**Hybride = Cognitif + Réactif**  
Les deux représentations  
Contexte : Divers modèles

Partie 2 - V2.1 © 2024 Rémy COURDIÉ - Tous droits réservés 36

36

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Notes

Systemes Collectifs Adaptatifs et Systemes Multi-Agents  
Typologie/Agent Hybride/Couplage à l'Env.

L'agent quelque soit son type définit une entité possédant une architecture de couplage avec son environnement

**FORT**

Effort porté sur l'architecture externe (senseur, effecteur, action)

Comportement dirigé par les changements de l'environnement

**FAIBLE**

Effort porté sur l'architecture interne (croyance, raisonnement)

Comportement dirigé par les buts à satisfaire

**Couplage à l'environnement**

Partie 2 - V2.1 © 2024 Rémy COURDIÉ - Tous droits réservés 37

37

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Notes

Systèmes Collectifs Adaptatifs et Systèmes Multi-Agents

### Sommaire

Partie 2 : Agents et Systèmes Multi-Agents

- La notion d'Agents
- La notion de Système Multi-Agents
- Typologie d'agents dans un SMA

→

- Concepts
  - ✓ Interaction,
  - ✓ Schéma d'interactions
  - ✓ Langages et protocoles
  - ✓ Organisation
  - ✓ Environnement

- Applications
- La simulation multi-agents
- Principaux thèmes de recherches & manifestations SMA

Partie 2 - V2.1 © 2024 Rémy COURDIER - Tous droits réservés 38

38

---

---

---

---

---

---

---

---

## Notes

Cours Systèmes Multi-Agents - Seconde Partie

### L'interaction

The key word in MA is interaction: interaction with a evolving environment.  
C.CastellFrancis

- Notions de base
  - C'est parce qu'ils coopèrent que les agents peuvent accomplir plus que la somme de leurs actions
  - C'est par leur multitude que les agents peuvent être très performants pour certains domaines
- Définition
  - L'interaction se définit comme toute action de communication qui affecte un agent dans la réalisation de ses objectifs.
  - Elle consiste en une mise en relation dynamique d'agents à travers un ensemble d'échanges réciproques dans un environnement commun.
  - L'existence d'une interaction se manifeste lorsque la dynamique propre d'un agent est perturbée par les influences des autres agents directement par échanges de message ou indirectement via l'environnement .

Partie 2 - V2.1 © 2024 Rémy COURDIER - Tous droits réservés 39

39

---

---

---

---

---

---

---

---

## Notes

Systèmes Collectifs Adaptatifs et Systèmes Multi-Agents

### Schémas d'interactions

Les agents interagissent selon des schémas d'interaction

- La collaboration
  - Manière de répartir le travail entre plusieurs agents
- La coordination
  - Manière dont les actions des différents agents doivent être organisés dans le temps et l'espace
- La coopération
  - Forme générale d'interaction pour les agents capables d'avoir un projet explicite (agents cognitifs et réactifs si l'on envisage seulement le résultat des actions)
  - Qui fait quoi, quand, ou, et avec quels moyens
  - Les techniques de négociation sont utilisées pour limiter les effets des conflits qui apparaissent

Coopération = collaboration + coordination + résolution de conflits

Partie 2 - V2.1 © 2024 Rémy COURDIER - Tous droits réservés 40

40

---

---

---

---

---

---

---

---

## Notes

Systèmes Collectifs Adaptatifs et Systèmes Multi-Agents  
Modes d'interaction

- Chaque plateforme multi-agents définit des structures de modélisation appropriées permettant de gérer efficacement la complexité des systèmes abordés
- Ces structures offrent un ensemble de mécanismes d'interaction entre agents qui doivent être applicables à la résolution de nombreux problèmes.

Modes d'interaction	Fonctionnement
<ul style="list-style-type: none"><li>• coexistence</li><li>• coordination</li><li>• coopération</li><li>• collaboration</li><li>• compétition</li><li>• émergence</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Fonctionnement asynchrone</li><li>• Absence de système de contrôle central</li><li>• Architecture de données distribuées</li><li>• Agents aux compétences limitées</li></ul>

Partie 2 - V2.1 © 2024 Rémy COURDIER - Tous droits réservés 41

41

---

---

---

---

---

---

---

---

## Notes

Systèmes Collectifs Adaptatifs et Systèmes Multi-Agents  
L'interaction indirecte

L'interaction indirecte (ou communication implicite)



- Ce mode de communication est appelé **Stigmergie**
- Les agents interagissent via des modifications de leur environnement partagé plutôt que par échange de messages directs.
- Concept est inspiré du comportement des insectes sociaux

Exemple : Un agent dépose une "trace" dans l'environnement que d'autres agents peuvent percevoir et utiliser pour adapter leur comportement, comme dans l'optimisation de parcours.

Partie 2 - V2.1 © 2024 Rémy COURDIER - Tous droits réservés 42

42

---

---

---

---

---

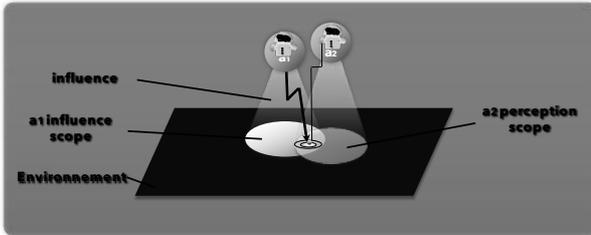
---

---

---

## Notes

Systèmes Collectifs Adaptatifs et Systèmes Multi-Agents  
Le modèle influence perception



Dans un SMA, chaque agent a un champ de perception et d'influence limité dans son environnement

Partie 2 - V2.1 © 2024 Rémy COURDIER - Tous droits réservés 43

43

---

---

---

---

---

---

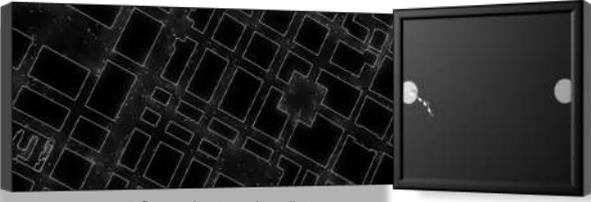
---

---

## Notes

Multiagent systems concepts & principes  
La stigmergie

Recherche de chemin par trace sur l'environnement



Influence du niveau de pollution inscrit sur un territoire

La stigmergie désigne un mécanisme de coordination indirecte entre agents ou entre leurs actions, à travers des modifications de l'environnement partagé.

Partie 2 - V2.1 © 2024 Rémy COURDIER - Tous droits réservés 44

44

---

---

---

---

---

---

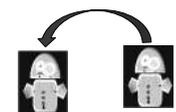
---

---

## Notes

Systemes Collectifs Adaptatifs et Systemes Multi-Agents  
L'interaction directe

L'interaction directe (ou communication explicite)



- Les agents communiquent directement en échangeant des messages via des protocoles définis, comme le KQML ou FIPA-ACL.
- Chaque agent envoie et reçoit des messages pour partager des informations ou demander des services.

Exemples : Dans une négociation, un agent envoie une offre et attend une réponse de son partenaire (acceptation, rejet, contre-offre).

Partie 2 - V2.1 © 2024 Rémy COURDIER - Tous droits réservés 45

45

---

---

---

---

---

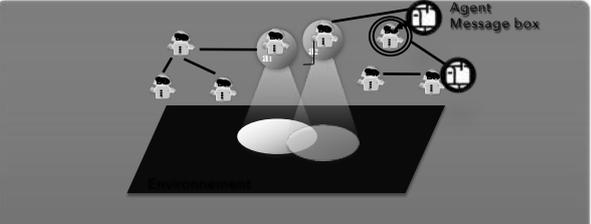
---

---

---

## Notes

Systemes Collectifs Adaptatifs et Systemes Multi-Agents  
Interaction directe par réseau d'acquaintance



Un réseau d'acquaintance est un réseau dans lequel :

- Les nœuds représentent des agents (ou entités, individus).
- Les liens entre ces nœuds indiquent des relations directes entre agents, comme des connaissances, des collaborations ou des interactions possibles.

Partie 2 - V2.1 © 2024 Rémy COURDIER - Tous droits réservés 46

46

---

---

---

---

---

---

---

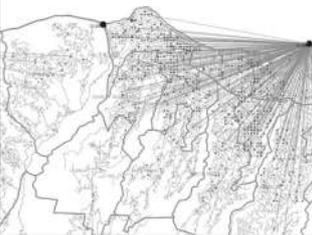
---

## Notes

Multiagent systems concepts & principes  
Réseau d'acquaintance

Actes de langage	Attaque	Abdication
assert( $\psi$ )	challenge( $\psi$ )	concede( $\psi$ )
challenge( $\psi$ )	argue( $\Phi \rightarrow \psi$ )	retract( $\psi$ )
concede( $\psi$ )	$\emptyset$	$\emptyset$
retract( $\psi$ )	$\emptyset$	$\emptyset$
argue( $\Phi \rightarrow \psi$ )	challenge( $\phi \in \Phi$ )	concede( $\phi \in \Phi$ )
concede( $\Phi \rightarrow \psi$ )	argue( $\Phi' \rightarrow \psi'$ )	concede( $\Phi \rightarrow \psi$ )
concede( $\Phi \rightarrow \psi$ )	$\emptyset$	$\emptyset$

$COMM(a, b, \psi) = a$  s'engage vis à vis de  $b$  à remplir  $\psi$ .  
**engagement aveugle** /i.e. maintenir son engagement jusqu'à réalisation :  
 $COMM(a, b, \psi) \rightarrow$   
 $invariable[COMM(a, b, \psi)] /$   
 $[BEL(a, \psi)]$



- Chaque agent dans le réseau possède une "liste d'acquaintances" ou de connexions.
- Lorsqu'un agent a besoin de transmettre des informations ou d'interagir, il le fait uniquement avec les agents figurant dans cette liste en utilisant un protocole défini.
- Ces voisins directs peuvent ensuite propager les informations à leurs propres contacts, permettant une communication étendue à travers le réseau.

Partie 2 - V2.1 © 2024 Rémy COURDIER - Tous droits réservés 47

47

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Notes

Systemes Collectifs Adaptatifs et Systemes Multi-Agents  
Langages d'interaction agent (ACL)

Mise en relation dynamique de plusieurs agents par un langage commun au moyen d'une syntaxe et d'une ontologie partagées.

- Deux principales approches :
  - ✓ Procédurale : basée sur le contenu exécutable en utilisant les langages de programmation (Java, C#, Python,...)
  - ✓ Déclarative : basée sur des actes illocutoires, tels qu'une demande ou une commande; les actions sont communément appelées **performatives**.
- Théorie des actes de langage Vanderveken et Searle (1990)
  - ✓ Acte de Langage : Un acte de langage A est de la forme :  $A = F(P)$  où F est une force illocutoire appliquée à un contenu propositionnel P.
  - ✓ Force illocutoire : un verbe à la première personne de l'indicatif.
- Exemple
  - pour demander un crayon à une personne, l'acte de langage peut être : « je te demande ton crayon » le performatif ici est le verbe demander. Il peut aussi être « J'exige ton crayon »; les force illocutoire de ces deux performatifs n'est pas identique.

Partie 2 - V2.1 © 2024 Rémy COURDIER - Tous droits réservés 48

48

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Notes

Systemes Collectifs Adaptatifs et Systemes Multi-Agents  
Concepts / Langages d'interaction / Exemple

Le Langage KQML  
Knowledge Query and Manipulation Language (1993)

Initiative de l'ARPA : projet visant à développer des techniques et des méthodes permettant l'organisation de bases de connaissances à grande échelle, partageables et réutilisables par des systèmes d'agents.

- Niveau communication  
:sender, :receiver,  
:from, :to,  
:reply-with et :in-reply-to
- Niveau message  
:language, :ontology
- Niveau contenu  
:content

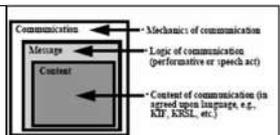


Figure 4 - The KQML language can be viewed as being divided into three layers: the content layer, the message layer and the communication layer.

Partie 2 - V2.1 © 2024 Rémy COURDIER - Tous droits réservés 49

49

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Notes

### Systemes Collectifs Adaptatifs et Systemes Multi-Agents Concepts / Langues d'interaction / Exemple

Patron de l'instruction KQML : Les mots reserves de KQML sont constitues par la liste des performatifs et la liste de leurs parametres. Ils forment un patron de l'instruction KQML :

Performatif [		
:sender <word>	L'emetteur du message (au sens reel)	
:receiver <word>	Le destinataire (au sens reel).	
:from <word>	L'emetteur virtuel (dans le cas d'un forward).	
:to <word>	Le recepteur virtuel (dans le cas d'un forward).	
:reply-with <word>	L'etiquette a donner a la reponse au message	
:in-reply-to <word>	L'etiquette demandee par le message precedent.	
:language <word>	Le nom du langage dans lequel :content est exprime.	
:ontology <word>	Le nom de l'ontologie (concepts connus) de reference	
:content <expression>	L'information sur laquelle porte le performatif. Elle est exprimee dans le langage defini par :language, (PROLOG, KIF...).	

Partie 2 - V2.1

© 2024 Rémy COURDIER. Tous droits réservés

50

50

## Notes

### Systemes Collectifs Adaptatifs et Systemes Multi-Agents Concepts / Langues d'interaction / Exemple

Performatifs d'interaction KQML (1)

Name	KQML Version	Meaning
achieve	both	S veut que R effectue une action
advertise	both	S signale a R qu'il peut realiser une action
ask-about	1993	S veut toutes les expressions disponibles dans la BC de R au sujet d'une question
ask-all	both	S veut toutes les reponses a une question disponibles dans la BC de R
ask-if	both	S veut savoir si une phrase est dans la BC de R
ask-one	both	S veut une reponse de R a sa question
break	1993	S veut que R ferme une communication
broadcast	both	S veut que R envoie un performatif a tous les agents qu'il connait
broker-all	both	S veut que R collecte toutes les reponses a un performatif
broker-one	both	S veut que R l'aide a repondre a un performatif
delete	1993	S veut que R supprime une expression de sa BC
delete-all	both	S veut que R supprime de sa BC toutes les phrases correspondantes
delete-one	both	S veut que R supprime une phrase de sa BC
deny	both	Le performatif ne correspond pas (plus) a S
discard	both	S refuse les reponses suivantes de R a un performatif
eos	both	Fin d'un flux de reponses a un performatif precedent
error	both	S considere que le message precedent de R etait mal forme
evaluate	1993	S veut que R reduise une expression (la simplifie)
forward	both	S veut que R transmette un performatif
generator	1993	Identique a Standby pour un stream-all
insert	both	S demande a R d'ajouter une expression a sa BC
monitor	1993	S veut que R lui transmette les nouvelles reponses a un stream-all

Partie 2 - V2.1

© 2024 Rémy COURDIER. Tous droits réservés

51

51

## Notes

### Systemes Collectifs Adaptatifs et Systemes Multi-Agents Concepts / Langues d'interaction / Exemple

Performatifs d'interaction KQML (2)

next	both	S veut la reponse suivante de R a un performatif
pipe	1993	S veut que toutes les reponses suivantes a un performatif soient routees par R vers un autre agent
ready	both	S est pret a repondre au performatif precedent de R
recommend-all	both	S veut les noms de tous les agents qui peuvent repondre a un performatif
recommend-one	both	S veut le nom d'un agent qui peut repondre a un performatif
recruit-all	both	S veut que R demande a tous les agents qui en sont capables de repondre a un performatif
recruit-one	both	S veut que R demande a un agent qui en est capable de repondre a un performatif
register	both	S indique a R qu'il est capable d'accomplir une action
reply	1993	Repond a une demande attendue
rest	both	S veut de R les reponses restantes a un performatif
sorry	both	S ne peut fournir de reponse plus informative
standby	both	S veut que R se prepare a repondre a un performatif
stream-about	1993	Version de reponse multiple a un ask-about
stream-all	both	Version de reponse multiple a un ask-all
subscribe	both	S veut de R une mise a jour de sa reponse a un performatif
tell	both	Indique qu'une expression est disponible dans la BC de S
transport-address	both	S associe un nom a une adresse physique de transport
unachieve	1997	S veut que R annule les resultats de la precedente commande achieve
unadvertise	1997	S indique a R qu'il ne peut plus effectuer l'action qu'il avait signalee par un advertise.
undelete	1997	S veut que R annule les resultats d'un precedent delete
uninsert	1997	S veut que R annule les resultats d'un precedent insert
unregister	both	La negation d'un register
untell	both	L'expression n'est pas dans la BC de S.

Partie 2 - V2.1

© 2024 Rémy COURDIER. Tous droits réservés

52

52

## Notes

---

---

---

---

---

---

---

---

Systemes Collectifs Adaptatifs et Systemes Multi-Agents  
Exemple d'ACL : KQML

Exemples de patrons d'interaction KQML (ask, tell, subscribe)

■ ASK ET TELL

*A sait que B existe et lui demande X*

■ SUBSCRIBE

*A demande à l'agent F de l'informer lorsqu'il aura la connaissance de X*

Partie 2 - V2.1 © 2024 Rémy COURDIER - Tous droits réservés 53

53

## Notes

---

---

---

---

---

---

---

---

Systemes Collectifs Adaptatifs et Systemes Multi-Agents  
Exemple d'ACL : KQML

Exemples de patrons d'interaction KQML (broker, advise, recruit)

■ BROKER ET ADVERTISE

*F demande X à un agent B mais est utilisé comme intermédiaire*

A demande à F si il peut lui fournir X par son réseau d'acointances

■ RECRUIT

*F demande à un agent B de donner X directement à A*

A obtient X directement par un agent du réseau d'acointance de F

Partie 2 - V2.1 © 2024 Rémy COURDIER - Tous droits réservés 54

54

## Notes

---

---

---

---

---

---

---

---

Systemes Collectifs Adaptatifs et Systemes Multi-Agents  
Exemple d'ACL : FIPA-ACL

### Le Langage FIPA-ACL

Agent Communication Language

- Initiative du groupe multidisciplinaire FIPA : qui travaillait sur la standardisation de la technologie agent, ce groupe a été intégré dans l'IEEE.
- Le langage FIPA-ACL suit le style de KQML
- Le langage prévoit l'utilisation de protocoles d'interaction. Il existe une bibliothèque de protocoles standards. Voir : <http://www.fipa.org/specs/fipa0006/1SC00061G.html>

Actes FIPA-ACL  
 Accept Proposal  
 Agree  
 Cancel  
 Call for Proposal  
 Confirm  
 Disconfirm  
 Failure  
 Inform  
 Inform If  
 Inform Ref  
 Not Understood  
 Propagate  
 Propose  
 Proxy  
 Query  
 Query Ref  
 Refuse  
 Reject Proposal  
 Request  
 Request When  
 Request Whenever  
 Subscribe

Partie 2 - V2.1 © 2024 Rémy COURDIER - Tous droits réservés 55

55

## Notes

### Systemes Collectifs Adaptatifs et Systemes Multi-Agents Organisation dans un SMA

une **organisation** est définie comme une structure décrivant la manière dont ses membres sont en relation et interagissent afin d'atteindre un but commun.

- Niveaux d'organisation des agents
  - ✓ le niveau micro-social : interaction entre un petit groupe d'agents
  - ✓ le niveau groupe : structure intermédiaire organisée
  - ✓ le niveau sociétés globales : dynamique d'un grand nombre d'agents
- Dualité statique/dynamique
  - ✓ Structure statique décrivant les relations entre les membres d'une organisation
  - ✓ Structure dynamique qui considère l'environnement et les agents dans leur mouvement : auto-organisation, émergence.

Partie 2 - V2.1

© 2024 Rémy COURDIER - Tous droits réservés

56

56

---

---

---

---

---

---

---

---

---

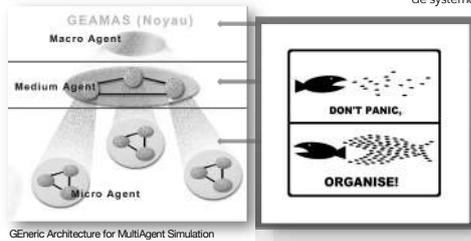
---

## Notes

### Multiagent systems concepts & principes Structure organisationnelle

- Chaque plateforme de simulation définit des structures organisationnelles
- Il n'y a pas de "standard" de schema organisationnel

Il existe de multiples architectures de systèmes multi-agents multi-agents



Partie 2 - V2.1

© 2024 Rémy COURDIER - Tous droits réservés

57

57

---

---

---

---

---

---

---

---

---

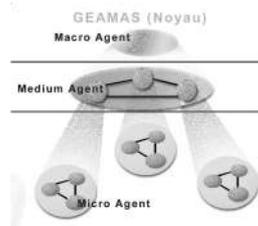
---

## Notes

### Systemes Collectifs Adaptatifs et Systemes Multi-Agents Exemple d'organisation : Geamas

Le système peut être décomposé en des sous-organisations distinctes. Un agent peut jouer un ou plusieurs rôles tout en coopérant et en respectant ses sous-organisations.

- Niveau Macro
  - ✓ Représente l'ensemble du SMA
- Niveau Medium
  - ✓ Emergence comportementale
  - ✓ Modèle Hiérarchique
  - ✓ Structure de Groupe
- Niveau Micro
  - ✓ Entité autonome proactive de granularité la plus fine



Partie 2 - V2.1

© 2024 Rémy COURDIER - Tous droits réservés

58

58

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Notes

Systemes Collectifs Adaptatifs et Systemes Multi-Agents  
L'Environnement dans les SMA

Espace commun aux agents d'un SMA, doté d'un ensemble d'objets et de possibilités de perception et d'action

- Tout ce qui n'est pas agent dans un SMA
- Médium de l'interaction : signaux, trace, ...
- Lieu ou les actions sont réalisées et dans lequel des réactions perçues
- Un espace définissant des métriques spatiaux : grilles, repère, ...
- Une source de données pour les agents
- ....

L'environnement est modifiable par les agents

Partie 2 - V2.1 © 2024 Rémy COURDIER - Tous droits réservés 59

59

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Notes

Systemes Collectifs Adaptatifs et Systemes Multi-Agents  
Exemple d'Environnement dans le SMA Biomass

Partie 2 - V2.1 © 2024 Rémy COURDIER - Tous droits réservés 61

61

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Notes

Systemes Collectifs Adaptatifs et Systemes Multi-Agents  
Exemple d'Environnement dans le SMA Biomass

Partie 2 - V2.1 © 2024 Rémy COURDIER - Tous droits réservés 62

62

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Systèmes Collectifs Adaptatifs et Systèmes Multi-Agents

## Sommaire

Partie 2 : Agents et Systèmes Multi-Agents

- La notion d'Agents
- La notion de Système Multi-Agents
- Typologie d'agents dans un SMA
- Concepts

➔

- Applications
  - ✓ Domaines d'application des SMA
  - ✓ Résolution de problèmes
  - ✓ Conception logiciel et Robotique
  - ✓ La simulation
- La simulation multi-agents
- Principaux thèmes de recherches & manifestations SMA

Partie 2 - V2.1 © 2024 Remy COURDIER - Tous droits réservés 63

63

## Notes

---

---

---

---

---

---

---

---

Systèmes Collectifs Adaptatifs et Systèmes Multi-Agents

## Applications / Domaines d'application des SMA

- Les grands types d'applications des SMA
  - Résolution de problèmes
  - Conception de logiciels capables d'évoluer par interactions, adaptation et reproduction d'agents autonomes fonctionnant dans un univers distribué
    - Robotique distribuée
    - Construction de mondes synthétiques
    - Simulation multi-agents

Partie 2 - V2.1 © 2024 Remy COURDIER - Tous droits réservés 64

64

## Notes

---

---

---

---

---

---

---

---

Systèmes Collectifs Adaptatifs et Systèmes Multi-Agents

## Applications / Résolution de problèmes

Les SMA peuvent être particulièrement utiles pour les RDP qui impliquent des situations où la décentralisation, la collaboration, et l'adaptabilité sont cruciales pour trouver des solutions efficaces à des problèmes complexes.

- ✓ Expertise globale distribuée dans l'ensemble des agents ; le SMA peut être vu comme un ensemble de spécialistes qui coopèrent pour résoudre un pb général (Diagnostic médical, conception d'1 produit,...)
- ✓ Problème distribué ; Le SMA peut être ici composé d'agents pouvant avoir des compétences semblables : ex. surveillance d'1 réseau d'énergie ou la supervision est répartie sur chacun des noeuds.

Partie 2 - V2.1 © 2024 Remy COURDIER - Tous droits réservés 65

65

## Notes

---

---

---

---

---

---

---

---

## Notes

Systèmes Collectifs Adaptatifs et Systèmes Multi-Agents  
Applications / Conception logiciel et Robotique

- Logiciels fonctionnant dans un environnement dynamique et incertain
  - Logiciel pouvant s'adapter à des situations changeantes et devant réagir aux actions des autres agents ou aux événements externes. Chaque agent peut alors être conduit à évoluer (et survivre) dans un architecture distribuée sur les réseaux comme un animale dans un écosystème naturel.
- Robotique distribuée
  - Agents concrets qui se déplacent dans un env. réel
    - Robotique mobile : ensemble de robots qui coopèrent pour accomplir une mission
    - Robotique cellulaire : constitution modulaire de robots. Un mouvement sera la conséquence de la coordination d'un ensemble d'agents composant le robot.



Partie 2 - V2.1 © 2024 Rémy COURDIER - Tous droits réservés 66

66

---

---

---

---

---

---

---

---

## Notes

Systèmes Collectifs Adaptatifs et Systèmes Multi-Agents  
Applications / La simulation SMA

- La construction de mondes synthétiques
  - Ne simule aucun monde réel, n'utilise pas d'agents physiques
  - Analyse de mécanismes d'interactions entre agents : compréhension de l'influence d'un ou plusieurs facteurs sur une société d'individus
  - Industrie audio visuelle : jeux, animation, cinéma,...
- La simulation de systèmes socio-techniques
  - Méthode d'analyse et de modélisation utilisée pour étudier et comprendre les interactions complexes entre les composants sociaux et techniques d'un système.
  - Combine des aspects humains, organisationnels et technologiques pour explorer les dynamiques, les comportements et les effets émergents dans un système donné.
  - Permet d'analyser les propriétés de modèles théoriques du monde environnant : La chimie, la biologie, l'écologie, la géologie, les sciences sociales,...

Partie 2 - V2.1 © 2024 Rémy COURDIER - Tous droits réservés 67

67

---

---

---

---

---

---

---

---

## Notes

Systèmes Collectifs Adaptatifs et Systèmes Multi-Agents  
**Sommaire**

Partie 2 : Agents et Systèmes Multi-Agents

- La notion d'Agents
- La notion de Système Multi-Agents
- Typologie d'agents dans un SMA
- Concepts
- Applications

➔

- La simulation multi-agents
  - ✓ Intérêt
  - ✓ Principe
  - ✓ Exemple
- Principaux thèmes de recherches & manifestations SMA

Partie 2 - V2.1 © 2024 Rémy COURDIER - Tous droits réservés 68

68

---

---

---

---

---

---

---

---

## Notes

### Systèmes Collectifs Adaptatifs et Systèmes Multi-Agents La simulation multi-agents / Intérêt

- Les modèles de simulation mathématiques classiques
  - Equations différentielles, matrices de transitions, etc...
  - Relations de cause à effet entre variables d'entrées et variables de sorties
- Limites
  - Complexité du monde réel : Ils peinent à capturer les comportements complexes et imprévisibles des systèmes réels, surtout lorsqu'il y a de nombreuses entités interagissant de manière non linéaire.
  - Hypothèses simplificatrices : Ils reposent souvent sur des hypothèses idéalisées (homogénéité, linéarité) qui peuvent ne pas correspondre à la réalité, notamment pour les environnements hétérogènes ou dynamiques.
  - Rigidité : Ils sont statiques dans leur structure, ce qui rend difficile l'intégration d'agents aux comportements adaptatifs ou l'ajout de nouvelles dynamiques pendant la simulation.
  - Incapacité à modéliser des interactions locales : Ils se concentrent sur des lois globales ou des tendances moyennes, négligeant souvent les interactions locales entre entités...

Partie 2 - V2.1

© 2024 Rémy COURDIER - Tous droits réservés

69

69

---

---

---

---

---

---

---

---

## Notes

### Systèmes Collectifs Adaptatifs et Systèmes Multi-Agents La simulation multi-agents / Intérêt

En simulation, les systèmes multi-agents se distinguent de ces modèles par les propriétés suivantes :

- Modélisation des interactions locales : Les SMA permettent de simuler des entités individuelles (agents) interagissant de manière décentralisée, capturant ainsi les dynamiques locales et émergentes qui échappent aux modèles globaux.
- Adaptabilité : Chaque agent peut avoir son propre comportement et s'adapter en fonction de son environnement, ce qui rend le modèle flexible face aux changements de contexte.
- Emergence : Contrairement aux modèles basés sur des équations différentielles qui décrivent directement les dynamiques globales, les SMA permettent de voir des comportements émerger de l'interaction de simples règles locales, souvent plus réalistes.
- Hétérogénéité des entités : Les SMA gèrent naturellement des systèmes où les agents sont hétérogènes, avec des objectifs, des comportements et des capacités variés.

Partie 2 - V2.1

© 2024 Rémy COURDIER - Tous droits réservés

70

70

---

---

---

---

---

---

---

---

## Notes

### Systèmes Collectifs Adaptatifs et Systèmes Multi-Agents La simulation multi-agents / Principes

Représentation d'un phénomène comme le fruit des interactions d'un ensemble d'agents disposant de leur propre autonomie opératoire et évoluant dans un environnement défini

- ✓ Représentation des agents
  - compétences, capacités
  - états, ressources
- ✓ Représentation des interactions
  - graphe d'acoïntances d'agents
  - Loi de propagation des signaux de l'environnement
  - Loi de sensibilité aux signaux de l'environnement
- ✓ Représentation du milieu spatio-temporel
  - Agents et objets situés dans l'environnement
  - métriques associés à l'environnement

Partie 2 - V2.1

© 2024 Rémy COURDIER - Tous droits réservés

71

71

---

---

---

---

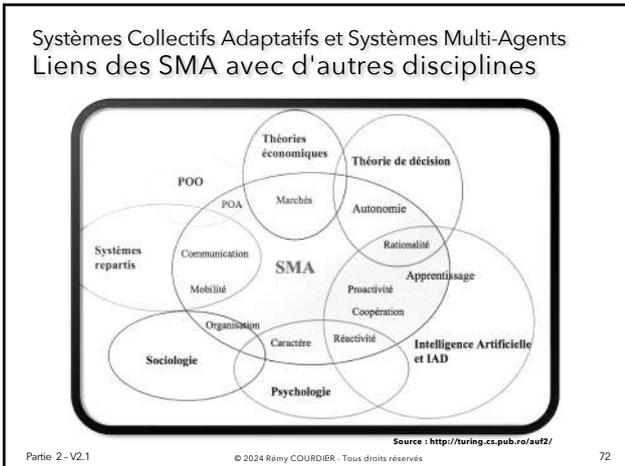
---

---

---

---

## Notes



72

---

---

---

---

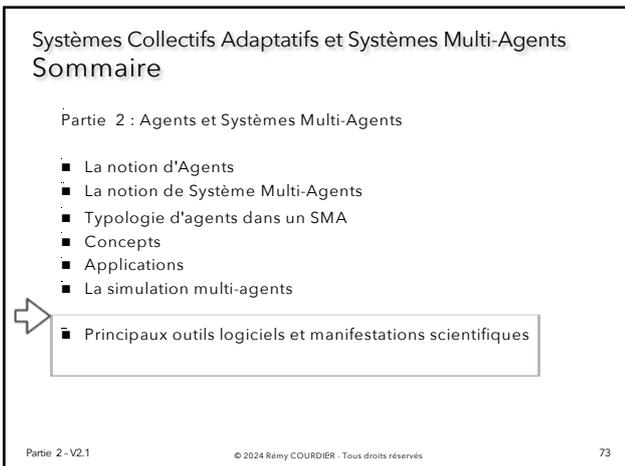
---

---

---

---

## Notes



73

---

---

---

---

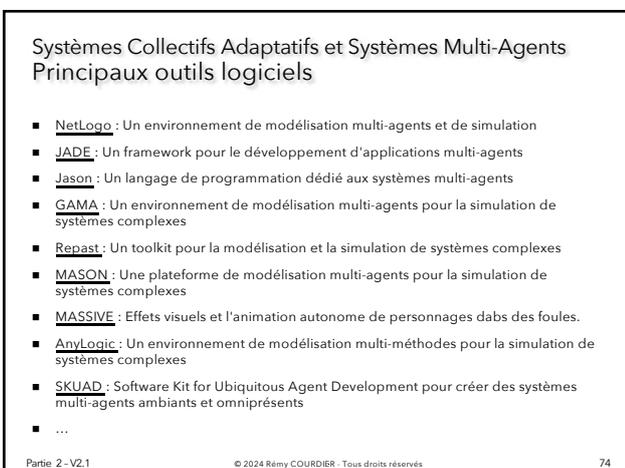
---

---

---

---

## Notes



74

---

---

---

---

---

---

---

---

## Notes

### Systèmes Collectifs Adaptatifs et Systèmes Multi-Agents Principales manifestations scientifiques

- AAMAS (Autonomous Agents and Multi-Agent Systems) : C'est la conférence la plus prestigieuse et la plus internationale dans le domaine, attirant des chercheurs du monde entier.
- ICMAS (International Conference on Multi-Agent Systems) : Bien qu'elle soit maintenant fusionnée avec AAMAS, ICMAS reste une référence historique dans le domaine.
- SAB (Simulation of Adaptive Behavior) Cette conférence est également reconnue internationalement, mais elle est davantage centrée sur la simulation comportementale, touchant des domaines comme la robotique et la biologie.
- PRIMA (Pacific Rim International Conference on Multi-Agents) : Cette conférence est bien reconnue dans la région Asie-Pacifique, mais son rayonnement est globalement moins important que celui d'AAMAS ou ICMAS.
- EUMAS (European Workshop on Multi-Agent Systems) Reconnu principalement en Europe, cet atelier est une plateforme d'échange pour les chercheurs européens. Il a un bon rayonnement régional mais moins de portée internationale.
- ATAL (International Workshop on Agent Theories, Architectures, and Languages) : Cet atelier se concentre sur les aspects théoriques et techniques des agents et systèmes multi-agents, avec un public spécialisé, mais il est moins internationalement visible que les conférences comme AAMAS.
- JFSMA (Journées Francophones sur les Systèmes Multi-Agents) : C'est un événement clé pour la communauté francophone, mais avec un rayonnement essentiellement limité aux pays francophones.
- ...

Partie 2 - V2.1

Voir aussi : [Agents' World](http://www.lipn.univ-paris13.fr/AgentsWorld) ; <http://www.lipn.univ-paris13.fr/AgentsWorld>

© 2024 Remy COURDIER. Tous droits réservés.

75

---

---

---

---

---

---

---

---

## Notes

## Notes