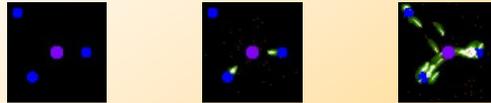


Systemes Multi-Agents (SMA): Modélisation et simulation informatique de comportements collectifs



Wilensky, U. (1998). NetLogo Ants model.

What is it?

In this project, a colony of 100 ants forages for food. Each ant follows a set of simple rules, but the colony as a whole acts in a sophisticated way.

When an ant finds a piece of food, it carries the food back to the nest, dropping a chemical as it moves.

When other ants "sniff" the chemical, they follow the chemical toward the food. As more ants carry food to the nest, they reinforce the chemical trail.



SMA ??

- Un **Système Multi-Agent** est composé de multiples entités « informatique » en **interaction** appelés **Agents**.
- **Agent dans un SMA ?**
- Les **Agents** sont des systèmes informatiques :

- Capables **d'actions autonomes** – décident par eux-mêmes ce dont ils ont besoin de faire pour satisfaire leurs objectifs
- Capables **d'interagir** avec les autres agents non seulement par échange de données mais aussi par coopération, coordination, négociation ...
- Situés dans un **environnement** (souvent complexe et évolutif)

= Métaphore naturelle pour comprendre et construire des « systèmes sociaux artificiels »

Objectifs du cours

- Faire le lien entre les **mécanismes d'interaction**, d'organisation, d'auto-organisation tels qu'ils sont appréhendés dans d'autres disciplines (**psychologie, sciences sociales, éthologie**)
- Utiliser le paradigme SMA pour la **modélisation et simulation** de phénomènes collectifs à des fins de compréhension, prédiction, validation d'hypothèses, ... des **comportements** (humains, animaux, robots, ...)
- Se familiariser avec une **plate-forme de développement** multi-agent : Netlogo

Organisation du cours

- 16h de cours en présentiel :
 - 12h de cours
 - 4h TD en salle machine utilisation et programmation en NetLogo pour simuler et étudier des phénomènes collectifs
- Évaluation : Examen

Séances de TP sur machine :Netlogo

- Séance 1 : Présentation de NetLogo : analyse des modèles échantillon « samples model » :
 - Catégorie « social science » : « party », « segregation », « rebellion » et scatter?
 - Catégorie « biology »: « AIDS », « ANTS »
- Séance 2 : Des éléments de programmation
 - modification d'applications déjà existantes : dynamique d'opinion (de Weissbuch et Amblard), ...

Références biblio

(Possibilité accéder au centre de doc du LORIA)

- *Les Systèmes Multi-Agents* Ferber, J – Inter Editions, 1997.
- *Swarm Intelligence* Bonabeau E., Dorigo M., Theraulaz G. - Oxford University Press, 1999.
- *Principes et Architectures des SMA* Briot, J.-P., Demazeau, Y., - IC2 Hermes, 2001.
- *An Introduction to MultiAgent Systems* Wooldridge, M. – Wiley 2002.
- *Self-Organization in Biological Systems* Camazine , Deneubourg, ... , Princeton University Press 2003

Quelques congrès

« Agents and Multi Agent based Systems (MAS) are becoming widely used due to their ability to handle **complex tasks and systems**, in autonomous and intelligent ways. ... There are theories of agent-based collaboration that model teamwork, coalitions, crowds, and embodied conversational agents ... »

- JFSMA : Journées Francophones sur le Systèmes Multi-Agents
- EUMAS : European Workshop on Multi-Agent Systems
- AAMAS : Autonomous Agents and Multi-Agent Systems
- SAB : Simulation of Adaptive Behavior (From Animals to Animats)

Cheminement du cours...

✓ Introduction

- Principes de l'IA et des SMA
 - Critique de l'IA traditionnelle et de la centralisation
 - Sources d'inspiration des SMA
 - Exemples, intérêts de l'approche, qq champs d'application
 - L' Agent
-
- Les différents concepts et composants d'un SMA
 - Différentes approches de Conception et Applications
 - Système Multi-Agents et Ethologie (araignées sociales, groupes de rats)

I. Introduction

I.1 Principes : IAD

- Intelligence Artificielle Distribuée =
Domaine de recherche sur des systèmes « **intelligents** »
composés de **plusieurs** entités en **interaction** :
- Soit par la Résolution distribuée de problème (ou **DPS**
Distributed Problem Solving)
- Soit par Systèmes multi-agents (**SMA**)

SMA « versus » DPS

- **DPS** proche de l'IA classique
 - Répartir à la **conception** le travail nécessaire à la résolution d'un problème parmi un ensemble d' « agents »
 - Orienté par le problème à traiter,
 - Approche descendante
- ⇒ **contrôle centralisé**, statique (organisation figée à la conception), peu d'interactions (échanges qq résultats ...)

SMA « versus » DPS

➤ SMA

- Ensemble d'agents autonomes en interaction
 - Dotés de comportement permettant la coordination de cet ensemble d'agents pour résoudre collectivement un problème
 - Dans un environnement complexe et évolutif,
 - Approche ascendante, centrée sociale
- ⇒ Résolution à l'exécution : approche organisationnelle ou « émergente », beaucoup d'interactions entre agents et avec l'environnement

Quelques définitions de SMA

➤ Agents intelligents interagissant (Weiss, 1999) :

Agent → autonomie

Intelligent → but, tâches

Interagissant → prise en compte des autres

I.2 Critique de l'IA « classique » GOFAI (Good Old Fashioned AI)

➤ Point de vue théorique

- Systèmes à Base de Connaissances (manipulation de symboles), représentation des connaissances, raisonnement, acquisition des connaissances, ... : **modélisation d'un « humain »** vue comme un système centralisé sans interaction avec l'extérieur !!
- Pas incarné ou situé (embodied, situated) dans un environnement physique : dé-humanisation, en caisson de privation sensorielle !!!
- Sans interaction avec d'autres entités intelligentes : or l'homme est un animal politique (c'est-à-dire social) !!!!

=> Humain = pur esprit isolé du monde qui l'entoure !!!!

Critique de l'IA « classique » GOFAI (Good Old Fashioned AI)

➤ Beaucoup de théories modernes vont à l'encontre de la GOFAI :

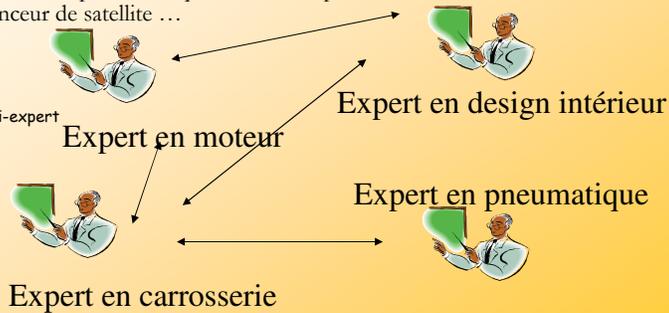
- [Brooks, 1991] : « l'intelligence humaine peut se construire **sans** une représentation unique et **centralisée** du monde » (*Intelligence without reason*. In Proceedings of the 1991 Int. Joint Conference on Artificial Intelligence)
- [Minsky, 1986] : « l'esprit est une **société d'agents** plus simples qui coopèrent ou se font concurrence » (*La société de l'esprit*. InterEditions 1988)
- [Stein, 1994] : « la cognition peut être vue comme la récapitulation - au travers de l'imagination- des **actions** faites dans le monde » (*Imagination and situated cognition*. Journal of Experimental and Theoretical Artificial Intelligence)
- [Damasio, 1989, Kinsbourne, 1987] : en neuro-psycho on montre que le cerveau humain mémorise les choses non seulement par catégories mais aussi par **modalités** (*Lesion Analysis in Neuropsychology*. Oxford Univ. Press. *Mechanisms of unilateral neglect*. In Neurophysiological and Neuropsychological aspects of spatial neglect. Elsevier.
- ...

Critique de la centralisation en informatique ou en IA « classique »

➤ Point de vue pratique

- mal adaptée aux problèmes fonctionnellement très distribués et hétérogènes :
 - aux Systèmes multi-experts (pour la capitalisation de connaissances, mémoire d'entreprise): Bases de connaissances intégrant des connaissances diverses de plusieurs spécialistes qui collaborent pour concevoir une voiture, un avion de ligne, lanceur de satellite ...

Exemple :
la construction multi-expert
d'une voiture



Christine Bourjot
UFR Math-Info

MASTER M2 SCIENCES COGNITIVES et MEDIA NUMERIQUES
Nancy Université - Université de Nancy 2

15

➤ Point de vue pratique (suite)

- Inadapté aux problèmes de nature distribuée où plusieurs entités (prgmes) sont capables d'agir et d'interagir :
 - Problèmes physiquement distribués : réseau de transport, contrôle industriel (raffineries ...), robots explorateurs sur Mars ...
 - Les réseaux informatiques qui imposent une vision distribuée : réseau d'une entreprise (Workflow, travail collaboratif), réseaux mondiaux (sur Internet : agents mobiles, P2P)

Christine Bourjot
UFR Math-Info

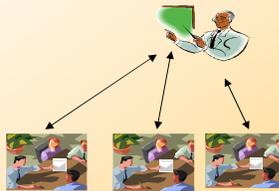
MASTER M2 SCIENCES COGNITIVES et MEDIA NUMERIQUES
Nancy Université - Université de Nancy 2

16

➤ Point de vue pratique (suite)

- Mal adaptée à la simulation de phénomènes sociaux complexes
 - En écologie, économie, sociologie pour la validation/invalidation d'hypothèses...
- Ex : simulation de vente aux enchères
 - **Ex:** 100 agents, chacun 10 comportements => 10^{100} comportements possibles.
Comment gérer tout cela de manière centralisée lors de la conception ?

COMMISSAIRE PRISEUR



Exemple : simulation de la
vente aux enchères sur
Internet

ACHETEURS

Christine Bourjot
UFR Math-Info

MASTER M2 SCIENCES COGNITIVES et MEDIA NUMERIQUES
Nancy Université - Université de Nancy 2

17

Intérêts de l'approche Sma

- Lorsque la complexité des problèmes est trop vaste pour être analysée globalement
 - approches locales plus rapides, entités simples
 - introduction explicite des interactions
 - mais attention ▲ : **vérification théorique** de la validité de la solution souvent impossible (seule vérification expérimentale est possible)
- les systèmes multi-agents peuvent s'adapter à des **modifications** de structure ou d'environnement
 - apparition/disparition d'agents
 - environnement dynamique réel

Christine Bourjot
UFR Math-Info

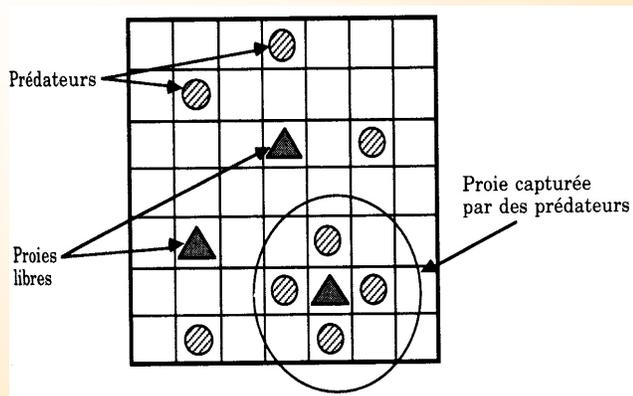
MASTER M2 SCIENCES COGNITIVES et MEDIA NUMERIQUES
Nancy Université - Université de Nancy 2

18

I.3 Sources d'inspiration des SMA

- En France (et en Europe) c'est un mouvement interdisciplinaire :
- Psychologie cognitive et théorie des jeux pour la prise de décision rationnelle
 - Sociologie, Linguistique pour la modélisation de l'interaction
 - Écologie pour la modélisation de l'environnement
 - Éthologie pour la modélisation des comportements, de l'auto-organisation
 - Informatique pour l'instanciation des modèles
 - Mathématiques, Physique : théorie du chaos, systèmes complexes
 - Philosophie pour le débat sur le réductionnisme ...
 - ...

I.4 Quelques exemples intuitifs et champs d'application



•Spécification du problème page suivante

Pb Proies-Prédateurs

Diapositive 19

b4 arret Séance1 2009 et 2010
bourjot; 13/09/2010

Spécification du problème Proies-Prédateurs

- Inspiré de l'encercllement de sous-marins soviétiques par des torpilleurs américains ...
- Plusieurs proies se déplacent aléatoirement sur un espace 2D sous forme de grille.
- Pour capturer une proie les prédateurs doivent l'encercler
- Ils se déplacent tous (proies et prédateurs) à la même vitesse, fixe.
- Les prédateurs ont une perception limitée du monde qui les entoure

- Le problème consiste à « **coordonner** » les actions des prédateurs afin qu'ils entourent les proies le + rapidement possible.

Résolutions du problème Proies-Prédateurs

- *Pour définir le comportement des prédateurs : imaginez différentes solutions*

Différentes stratégies possibles :

1. Approche DPS selon une analyse descendante

Définir les différentes fonctions du système à la **conception**:

- Doter les agents d'un système de détection de proie, ...
- Élaborer des équipes de chasse
- Pré-allouer des rôles aux agents : prendre la proie par le Nord, le Sud, Est ...

2. Approche SMA : organisationnelle

- Doter les agents d'un système de détection de proie
- Doter les agents d'un système de communication entre eux permettant le dialogue et la prise de décision distribuée
- Les agents ont des buts et agissent rationnellement /t à ces buts (-détecter, -appeler d'autres agents, -suivre une proie...)
- Ils désignent si nécessaire un leader pour organiser la répartition du travail et coordonner les actions,

Résolution à l'exécution

= **Coopération intentionnelle**

3. Approche SMA : émergentiste selon une analyse ascendante

- Les proies émettent un **signal** dont l'intensité décroît /t distance
- Ce signal joue un rôle **d'attracteur** pour les chasseurs
 - ⇒ les chasseurs proches d'une proie augmentent leur tendance à se diriger vers elle
- Les chasseurs émettent un signal servant de « **répulseur** » pour les autres chasseurs
 - ⇒ Les chasseurs ne s'agrègent pas et entourent la proie
 - ⇒ Chaque chasseur est attiré par les proies et faiblement repoussé par les autres chasseurs

Résolution à l'exécution

= **Coopération réactive:**

un simple effet de bord du comportement individualiste de chaque agent

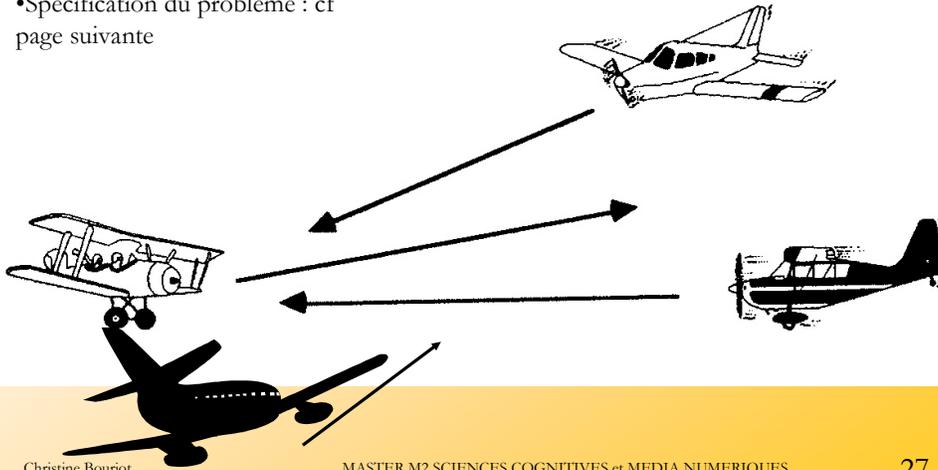
Exemple d'approche émergentiste

http://interstices.info/jcms/c_7083/lintelligence-en-essaim-ou-comment-faire-complexe-avec-du-simple

V. Chevrier

Autre exemple : évitement aérien

- Spécification du problème : cf page suivante



Spécification du pb et différentes résolutions

- Elaborer un système anti-collision :
 - Comment ces avions peuvent-ils se croiser sans se télescoper tout en conservant leurs objectifs initiaux ?
- *Imaginez différentes solutions :*
 1. Solution centralisé =
 - tour de contrôle
 - Calcule un plan préétabli pour chaque avion => solution rigide
 2. Solutions décentralisées
 - coopération intentionnelle : chaque avion est dotée de moyen de communications par radio pour négociation entre avions : approche organisationnelle
 - coopération réactive : attraction de sa direction initiale + répulsion des autres avions ... (champs de Forces) : approche émergentiste

Diapositive 27

CBS

arret 2011

bourjot; 05/09/2011

Champs d'application des SMA : 3 grandes familles de problèmes



1. Simulation

➤ Études de phénomènes complexes du monde réel :
éthologie (animaux sociaux), sociologie, économie,
environnement



- Représenter et simuler des systèmes sociaux ou naturels faisant intervenir un grand nombre d' « individus »
 - ↻ Ecosystème avec pêcheurs + bancs de poissons + polluants,
 - ↻ Rats et la piscine
 - ↻ Société d'insectes : construction fourragement chez les fourmis, araignées sociales, termites, abeilles ...
 - ↻ Formation d'un embouteillage, dynamique d'opinion ...

MASTER M2 SCIENCES COGNITIVES et MEDIA NUMERIQUES
Nancy Université - Université de Nancy 2

29

Simulation (suite)



➤ Compréhension des interactions entre humains :
simulations comportementales - explication de l'impact
de comportement individuel sur le niveau global

- ↻ Étude de clientèles
- ↻ Intégration de malades mentaux
- ↻ ...

➤ Modéliser des environnements virtuels :

- ↻ jeux vidéo (massivement //) multi-joueur,
- ↻ cinéma (logiciel Massive),
- ↻ Formation sur des environnements pour activités collectives



Christine Bourjot
UFR Math-Info

MASTER M2 SCIENCES COGNITIVES et MEDIA NUMERIQUES
Nancy Université - Université de Nancy 2

30

Diapositive 29

b5

arago p26

bourjot; 15/09/2009

Champs d'application (suite)

2. Résolution collective de problème : contrôle de processus distribué *sans centralisation*

- supervision d'un atelier de production : plusieurs machines, plusieurs pièces, plusieurs usinages, ...organisation ? Réorganisation automatique en cas de panne.
- supervision de réseaux de télécommunications : *agents de suivi, agents de diagnostic de panne, agent opérateur de maintenance*
- réseaux de transport (d'énergie, ...) ...



b6

Champs d'application (suite)

3. « Intégration » faire inter opérer des logiciels avec des êtres humains et des systèmes mécaniques :

- Commerce électronique : *applications B2C, B2B, processus d'achats avec négociations sophistiquées (enchères automatisées, négociation bilatérale, de contrats => agent acheteur ou vendeur qui représente l'acheteur / vendeur avec différents types de comportement)*
- Recherche et filtrage d'informations sur le Web : agrégation de services (*ex : organisation voyage : billet train, chambre d'hôtel, billet musée, ...*)



Diapositive 32

b6

arret séance 2
bourjot; 25/09/2009

Champs d'application

3. « Intégration » (suite)

- Informatique diffuse ou intelligence ambiante, « pervasive computing » : aller vers un monde informatique ouvert, capteurs dans l'environnement (vêtements intelligents, réseaux ad hoc, ...)

Ex : domaines Militaire ou Social : surveillance de sites, surveillance des personnes âgées à domicile ...

Programme de recherche important (IBM, Philips, Microsoft, Communautés Européennes ...)



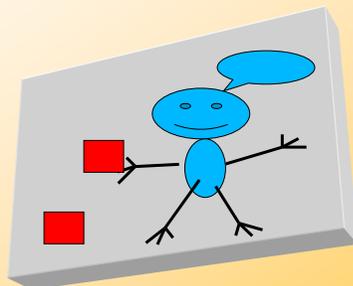
Christine Bourjot
UFR Math-Info

MASTER M2 SCIENCES COG
Nancy Université

I.5 L' Agent

➤ Agent intelligent (*selon Wooldridge 2001*)

- Entité située dans un environnement, capable de réaliser des actions flexibles et autonomes dans cet environnement dans le but d'atteindre ses objectifs :



aspect social ? ⇒

Christine Bourjot
UFR Math-Info

MASTER M2 SCIENCES COGNITIVES et MEDIA NUMERIQUES
Nancy Université - Université de Nancy 2

34

Agent

- Agent (*selon Ferber 95*) = entité physique ou virtuelle
 - capable d '**agir** dans un **environnement**
 - peut **communiquer** directement avec d 'autres agents
 - mue par un ens. de tendances => **autonomie**
 - possède des **ressources** propres
 - capable de **percevoir** (manière limitée) son environnement
 - ne dispose que d 'une représentation **partielle** de cet environnement (ou aucune)
 - possède des **compétences** et offres des services
 - peut éventuellement se « reproduire »

67

Agent (*selon Ferber*) suite

- Et dont le comportement tend à satisfaire ses objectifs, en tenant compte des ressources et des compétences dont elle dispose, et en fonction de sa perception, de ses représentations et des communications qu'elle reçoit.
- Un agent possède tout ou partie de ces fonctionnalités

Diapositive 36

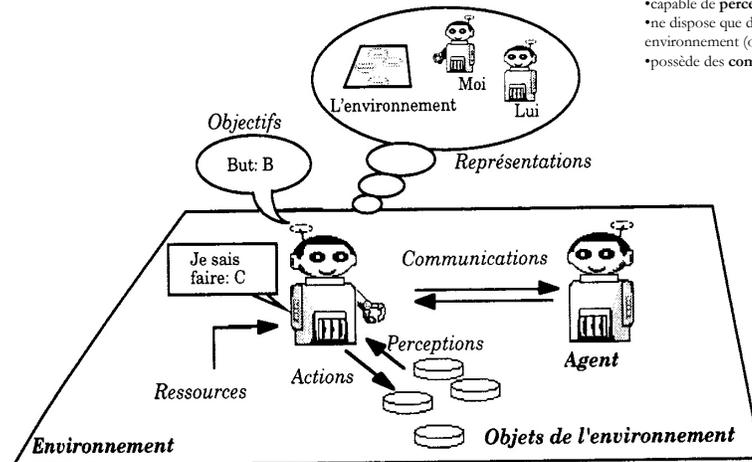
b7

arret séance 2
bourjot; 20/09/2010

Vue intuitive d' un agent dans un

(selon Ferber 95)

- capable d'agir dans un **environnement**
- peut **communiquer** directement avec d'autres agents
- mue par un ens. de tendances => **autonomie**
- possède des **ressources** propres
- capable de **percevoir** (manière limitée) son environnement
- ne dispose que d'une représentation **partielle** de cet environnement (ou aucune)
- possède des **compétences** et offre des services



37

Propriétés d'un Agent

- **Autonome:**
 - La prise de décision sur son comportement est fonction de ses perceptions, connaissances, et représentation du monde
- **Proactif :**
 - Génère ses buts, prise d'initiative pour satisfaire ses buts, pas dirigé seulement par les événements
- **Flexible :**
 - réaction aux changements dans l'environnement; adaptation aux ressources disponibles
- **Social:**
 - capacité à *interagir* pour atteindre ses buts, pour aider d'autres agents dans leurs activités
- **Situé:**
 - capacité à percevoir *l'environnement* et à y agir de façon *limitée*

Fin 1ère partie

... Peut-être pas cette année

- Préparation par binôme d'un travail personnel (projet bibliographique) sur un thème relatif aux SMA et donnant lieu à un rapport et une présentation

Proposition de sujets thématiques 07/08

* pris en 2005/06, ** 2006/07, *** 2007/08

- *** Le projet Européen Leurre : Building mixed societies of animals and robots (J.L. Deneubourg)
- *** La vie artificielle
- *** Modélisation-Simulation de réseaux sociaux
- Intelligence collective et Wikipédia
- *** Les réseaux sociaux
- NetLogo-Hubnet : « plate-forme de mise en réseau de personnes pour le contrôle de travail collaboratif »
- *** Modèles BDI : « Belief-Desire-Intention »

- Coordination et organisation : la notion de rôle
- ** L'IA dans les jeux vidéo
- ** Modélisation de Systèmes complexes et SMA
- ** Les robots footballeurs (robot soccer) ou RobotWorldcup
- ** Robot Rescue et simulation SMA
- ** Brahms, Plateforme de modélisation et de simulation des activités de travail

Proposition de sujets thématiques suite

- ****Les Développements en Intelligence ambiante (conf. AmI.d 06)**
- ****Les Animats**

Proposition de sujets thématiques suite

- *Les langages d'échanges de connaissances entre agents KIF ...
- * Modélisation et raisonnement sur les émotions dans les SMA
- * L'intelligence collective (Organicisme, Behaviorisme !, ...)
- * L'intelligence ambiante
- * Les langages de communication selon les Actes de langages KQML, FIPA
- * L'intelligence située (*Buildings Brains for Bodies* [Brooks and Steels])
- **Les rapports sont sur l'ENT dans le cours « Systèmes multi-agents - M2 SCP »**