



Systemes Multi-Agents Coopératifs SMAC

■ Problématique et résultats

Nous sommes confrontés à la construction de systèmes artificiels de plus en plus complexes qui demandent de plus en plus de moyens. Souvent, le résultat final est seulement approximatif quant au fonctionnement souhaité et une attention humaine continue est nécessaire pour développer le système et réparer les erreurs. De plus, de nombreux domaines sont, de par leur nature même, difficiles à traiter : problèmes fortement dynamiques, répartis, nombreuses entités en interaction...

Un système informatique a pour finalité de réaliser une fonction adéquate à ce que l'on attend du système. C'est cette fonction, pouvant évoluer au cours du temps, qui doit émerger. Pour cela le codage du système ne doit dépendre aucunement de la connaissance de cette fonction. Ce codage doit contenir des mécanismes permettant l'adaptation du système au cours de ses échanges avec l'environnement afin de tendre à tout instant vers la fonction adéquate.

Dans la théorie des AMAS (Adaptive Multi-Agent Systems), pour changer la fonction du système il suffit de changer l'organisation des composants de ce système. Ces mécanismes sont spécifiés par des règles régissant l'auto-organisation entre les composants et ne dépendant pas de la connaissance de la fonction collective. La théorie des AMAS fournit un cadre théorique à l'équipe pour étudier en particulier des thèmes comme l'adaptation, l'auto-organisation par coopération, l'émergence. La thématique commune concerne la conception (théorisation, modélisation et expérimentations) de systèmes artificiels qui tendent vers l'adéquation fonctionnelle au cours de leur activité alors que tout finalisme préalable est absent.

PROCESSUS DE CONCEPTION AUTOMATIQUE DE MÉCANISMES AÉRONAUTIQUES

La conception débute avec l'ajout, par le concepteur, des éléments du problème : but à atteindre, enveloppe du mécanisme, contraintes, composants mécaniques connus... Par la suite, ce sont les composants mécaniques eux-mêmes (préalablement agentifiés dans un environnement de simulation) qui vont s'auto-organiser afin de trouver une solution en modifiant leurs paramètres, en créant de nouveaux composants mécaniques selon les besoins ou en modifiant la topologie du système [4942].

PERSONNEL

Maîtres de conférence

Carole Bernon

Valérie Camps (09/03→)

Jean-Pierre Georgé

(09/2005→)

Marie-Pierre Gleizes, HDR

Jean-Marie Pécatte

(06/05→)

Christine Régis

Nicolas Singer (09/03→)

Sylvie Trouilhet

Ingénieurs d'étude

Pierre Glize, HDR

André Machonin

Doctorants

Jean-Pierre Georgé

(→07/04)

Gauthier Picard (→12/04)

Davy Capera (→06/05)

Jean-Pierre Mano

Kévin Ottens (09/04→)

Jean-Baptiste Welcomme

(02/05→)

Post-Doctorants

Gauthier Picard (01/05→)

Davy Capera (07/05→)

RÉFÉRENCES

[4498]

Nicolas Singer, Sylvie Trouilhet.

*Intégrer le comportement de l'utilisateur dans les documents Web.**Dans : 14^e Congrès Francophone AFRIF-AFIA Reconnaissance des Formes & Intelligence Artificielle, Toulouse, janvier 2004, p. 731-738.*

[4942]

Davy Capera,

Marie-Pierre Gleizes, Pierre Glize.

*Mechanism Type Synthesis based on Self-Assembling Agents.**Dans : Journal of Applied Intelligence Artificial, Taylor & Francis Taylor. Numbers 9-10, p. 921-936, octobre 2004.*

[5796]

Jean-Pierre Georgé,

Marie-Pierre Gleizes, Pierre Glize.

*Basic approach to Emergent Programming - Feasibility Study for Engineering Adaptive Systems using Self-Organizing Instruction-agents.**Dans : The Third International Workshop on Engineering Self-Organising Applications (ESOA'05) at the Fourth International Joint Conference on Autonomous Agents & Multi-Agent Systems (AAMAS05), Utrecht, Netherlands, 26 juillet 2005. Springer Verlag*

CONCEPTION ET MAINTENANCE D'ONTOLOGIES À PARTIR DE TEXTES ET DE LEURS USAGES

Le réseau conceptuel produit par les agents -que sont les mots- est fourni à l'analyste qui propose d'éventuelles modifications. Ainsi le système multi-agent adaptatif apprend aussi à partir des observations de ces modifications. Un outil de traduction permet à l'analyste de représenter en OWL le réseau d'agents obtenu. Pour la phase de maintenance de l'ontologie, le logiciel développé Dynamo travaille de manière autonome : il assure l'évolution de l'ontologie en fonction de ses usages et des modifications du corpus textuel pour assister l'utilisateur.

MUTUALISATION ET CAPITALISATION D'EXPÉRIENCES POUR LES TECHNOLOGIES WEB

Le système multi-agent développé, Mawa, est ouvert et distribué sur Internet : ce sont les communications et les diffusions de connaissances entre agents assistants et connecteurs qui créent des agrégations d'informations sur certains agents. La force d'attraction de ces derniers augmente avec la quantité de cette information. Ces caractéristiques sont nécessaires pour un déploiement incrémental sur le Web. L'originalité du modèle réside dans sa capacité à s'adapter à l'évolution du nombre d'agents : cette adaptation se fait grâce à la dynamique des spécialisations et des répartitions de connaissances [4498].

RÉSEAU ONTOGÉNIQUE DE NEURO-AGENTS COOPÉRATIFS

Le travail consiste à hybrider la granularité fonctionnelle des neurones artificiels avec les potentialités ontogéniques des systèmes multi-agents auto-organiseurs. Un réseau de neuro-agents coopératifs peut ainsi apprendre à interpréter les différents signaux qu'il reçoit de son environnement de manière à adapter son fonctionnement à cet environnement. Après une période d'adaptation, un système complexe peut émerger grâce au réseau d'apprentissage auto-organisé. L'analyse *a posteriori* du réseau permettra d'explicitier les mécanismes qui sont intervenus afin de comprendre la structure émergente du réseau [5805].

REPLIEMENT DE MOLÉCULES

Les rôles structuraux et/ou fonctionnels des biomolécules, dans la nature, sont expliqués par leur conformation. La complexité et la méconnaissance des influences inter-atomiques ne permettent pas de calculer ces conformations de manière efficace. Notre approche a pour objectif d'apprendre ces interactions atomiques (essentiellement les fonctions de Lennard-Jones induites des interactions de van der Waals) puis de les composer, de manière simple, locale et efficace, en utilisant une technologie basée sur les systèmes multi-agents adaptatifs. Dans l'étape suivante, la capacité à minimiser l'énergie potentielle d'une molécule a été utilisée afin d'apprendre les fonctions régissant les interactions entre atomes [5807].

SIMULATION DE L'ACTIVITÉ GÉNOMIQUE D'UNE LEVURE

Décrire -et comprendre- le comportement des systèmes vivants dans leur globalité, même pour un être unicellulaire, est un objectif de la biologie non encore atteint car c'est un système fortement non linéaire. L'objectif de cette étude est de réconcilier les données métaboliques, phénotypiques et génomiques afin de construire un système dont les composantes vont apprendre à interagir comme s'il s'agissait d'un système vivant.

À partir des données observables, le système artificiel doit parvenir à prédire l'expression génomique de la levure cible (*Saccharomyces Cerevisiae*) en déterminant l'organisation individuelle et collective de ses constituants afin de tendre vers ces données observables [5808].

RÉSULTATS IMPORTANTS

ENVIRONNEMENT DE PROGRAMMATION ÉMERGENTE

La réalisation d'un Environnement de Programmation Émergente pour concevoir des systèmes complexes adaptatifs est présentée dans [5796]. En dotant les agents-instructions de mécanismes d'auto-organisation, nous obtenons un système capable de s'adapter continuellement à la tâche requise par le programmeur (i.e. de s'auto-programmer suivant les besoins). Un cadre strict pour l'utilisation des mécanismes de réorganisation a été défini afin que ceux-ci permettent l'apparition de ce phénomène si particulier qu'est l'émergence.

ATELIER POUR LE DÉVELOPPEMENT DE LOGICIELS À FONCTIONNALITÉ ÉMERGENTE

Nous proposons d'utiliser les systèmes multi-agents adaptatifs par auto-organisation coopérative pour pallier les problèmes de conception de systèmes complexes et dynamiques. La fonctionnalité de ces systèmes émerge des interactions coopératives entre agents. ADELFE est une méthode de développement d'applications qui est basée sur le Rational Unified Process.

Des activités spécifiques à l'ingénierie orientée agent y ont été ajoutées. La pertinence de cette méthodologie a été mise à l'épreuve au cours de développements d'applications diverses. Notamment, un problème de résolution dynamique d'emploi du temps (ETTO) et un problème de transport multi-robot de ressources, sont décrits dans la thèse de G. Picard, et une application de recherche d'informations est présentée dans [5798].

■ Prospective

Le cadre théorique commun fourni par la théorie des AMAS a permis de mener à bien de nombreux et divers projets qui viennent corroborer l'originalité et l'importance de cette approche. Cependant une compréhension plus formelle des mécanismes d'émergence est nécessaire et devrait orienter l'équipe vers de nouvelles disciplines comme la théorie des systèmes et la philosophie, ainsi que vers l'étude de « nouveaux » problèmes comme ceux de l'optimisation et de la néo-computation.

■ Thèses et habilitations

- Davy Capera. Systèmes multi-agents adaptatifs pour la résolution de problèmes : Application à la conception de mécanismes. Thèse UPS, 06/2005
- Jean-Pierre Georgé. Résolution de problèmes par émergence. Étude d'un environnement de programmation émergente. Thèse UPS, 07/2004

[5798]

Carole Bernon, Valérie Camps, Marie-Pierre Gleizes, Gauthier Picard.

Engineering Adaptive Multi-Agent Systems: The ADELFE Methodology.
Dans : *Agent-Oriented Methodologies*. Brian Henderson-Sellers, Paolo Giorgini (Eds.), Idea Group Pub, NY, USA, V. ISBN1-59140-581-5, -, 2005.

[5805]

Jean-Pierre Mano, Pierre Glize.

Organization Properties of Open Networks of Cooperative Neuro-agents.
Dans : *13th European Symposium on Artificial Neural Networks (ESANN'2005)*, Bruges, B, 27 avril 29 avril 2005.

[5807]

Camille Besse-Patin, Carole Bernon.

Conformation de biomolécules et apprentissage des interactions de van der Waals par un système multi-agent adaptatif.
Dans : *Atelier « Apprentissage automatique et Bioinformatique »*, Plate-forme AFIA 2005, Nice, 31 mai 2005.

[5808]

Carole Bernon, Jean-Pierre Mano, Pierre Glize.

Émergence fonctionnelle d'un micro-organisme par auto-organisation de ses gènes.
Dans : *Atelier « Apprentissage automatique et Bioinformatique »*, Plate-forme AFIA 2005, Nice, 31 mai 2005.

- **Marie-Pierre Gleizes.** Vers la résolution de problèmes par émergence. HDR UPS, 12/2004
- **Gauthier Picard.** Méthodologie de développement de systèmes multi-agents adaptatifs et conception de logiciels à fonctionnalité émergente. Thèse UPS, 12/2004

■ Collaborations, contrats et transfert

- **Projet Européen GRD1-2001-40202 :** SYNAMEC - Conception de mécanismes aéronautiques, 2001-2003
- **Projet RNTL :** ADELFE - Atelier pour le Développement de Logiciels à Fonctionnalité Émergente, 2000-2003
- **Projet National :** FORSIC - Formation et Recherche/Sciences de l'Information et de la Communication, 1999-2002
- **Projet Région :** ABROSE - Réalisation du logiciel ABROSE appliqué au commerce électronique, 1999-2002
- **Projet DIREN STAFF** - Système multi-agent de prévision de crues, 1998-2002
- **Projet FERIA :** MASE - Modélisation par Automates de Systèmes multi-agents à Émergence, 2004-2006
- **Projet EADS :** MASCoDe - Multidisciplinary Aircraft Simulation for Conceptual Design, 2005-2008
- **Pré-projet TCAN CNRS :** DYNAMO - Système multi-agent d'analyse de textes pour l'aide à la construction et à la maintenance d'ontologies, 2003
- **A_RULES** - Apports des AMAS à JRULES, Coopération avec ILOG, 2004
- **N-Reines** - Coopération avec ILOG, 2005
- Distribution de la méthodologie ADELFE - Méthodologie de conception basée sur la théorie des AMAS. La plate-forme comprend un outil de modélisation graphique et une bibliothèque de composants permettant des simulations et un prototypage rapide
- Diffusion du logiciel de prévision de crues STAFF auprès du Ministère de l'environnement

■ Animation, gestion et vulgarisation de la recherche

- Co-animation d'un groupe de travail européen sur l'auto-organisation : TFG Self-Organisation in MAS (AgentLink III).
- Participation au comité d'organisation et au groupe de travail européen sur les méthodes de conception orientées agent : TFG AOSE (Agent Oriented Software Engineering) (AgentLink III).
- Participation au comité Technical Committee Methodology de la FIPA (Foundation for Intelligent Physical Agents).
- Participation au groupe MSEAS d'AgentLink II.

- Membre du réseau d'excellence européen AgentLink II et III.
- Responsabilité du groupe de travail COLLINE (COLLectif INteraction et Emergence) du collège SMA de l'AFIA.
- Participation au groupe ASA (du collège SMA de l'AFIA).
- Participation à l'OFTA (Observatoire Français des Techniques Avancées).
- Participation à l'organisation de conférences et workshops : AdaEurope 2003, ESAW 2004.
- Co-présidence de comités de programme : ESAW 2005 (Int. Workshop Engineering Societies in the Agents World, Turquie, Octobre 2005), ESAW 2004 (Toulouse, Octobre 2004), EUMAS 2003 et 2004 (advisory board - European Workshop on Multiagent Systems).
- Participation au comité scientifique de COGIS'06 (Symposium COGNitive systems with Interactive Sensors).
- Participation à des comités de programme de conférences et workshops : AAMAS'02 (Int. Joint Conference on Autonomous Agents & Multi-Agent Systems), AAMAS'05 (Workshop on Adaptive Agents and Multi-Agent Systems), AOIS'05 (Int. Workshop on Agent-Oriented Information Systems), AOM'02-03-04-05 (Int. Workshop on Agent-Oriented Methodologies, en conjonction avec OOPSLA), AOSE'05 (Int. Workshop on Agent-Oriented Software Engineering), CEEMAS'05 (Int. Central and Eastern European Conference on Multi-Agent Systems), COOP'02 (Int. Conference on the Design of Cooperative Systems), EUMAS'03-04-05 (European Workshop on Multi-Agent Systems), ESAW'02-03-04-05 (Int. Workshop Engineering Societies in the Agents World), ESOA'05 (Int. Workshop on Engineering Self-Organising Applications), IAT'03 (IEEE/WIC Int. Conference on Intelligent Agent Technology), JFIADSMA de 2002 à 2003 puis JFSMA'04-05 (Journées Francophones Intelligence Artificielle Distribuée et Systèmes Multi-Agents), Journée Multi-Agent Composants 2004, SEAS'05 (Int. Workshop on Software Engineering for Agent-oriented Systems), MATES'05 (German Conference on Multiagent Systems Technologies), RFIA'04 (Congrès Francophone Reconnaissance des Formes et Intelligence Artificielle), SELMAS'02-03-04-05 (Int. Workshop on Software Engineering for Large-scale Multi-Agent Systems), TAPOCS'04-05 (Int. Workshop Theory And Practice Of Open Computational Systems).
- Participation éditoriale à des numéros spéciaux de revues : Journal Decision System, TSI numéro thématique « Environnement de développement de systèmes multi-agents » 2003, IEEE Transactions on Systems Man and Cybernetics, Special issue on « Self-organization » 2004, The International Journal of Information Technology and Web Engineering.