

# Systèmes collaboratifs à base d'agents : Une expérience de collaboration entre LIP6 et PUC-Rio

Jean-Pierre Briot<sup>1</sup>, Carlos Lucena<sup>2</sup>, Karin Breitman<sup>2</sup> et al.

<sup>1</sup>Laboratoire d'Informatique de Paris 6 (LIP6), Université Pierre et Marie Curie – CNRS,  
Paris – France

<sup>2</sup>Departamento de Informática – Pontifícia Universidade Católica (PUC-Rio),  
Rio de Janeiro, RJ – Brésil

jean-pierre.briot@lip6.fr, lucena@inf.puc-rio.br, karin@inf.puc-rio.br

***Résumé.** Nous présentons dans ce court papier notre expérience de collaboration de recherche débutée en 2005 entre le LIP6 et PUC-Rio, dans le domaine de l'informatique collaborative à base d'agents. Nous montrons comment, à partir d'une collaboration initiale sur la question de la tolérance aux fautes des systèmes multi-agents, cette collaboration s'est étendue vers des domaines tels que : gouvernance des systèmes multi-agents ouverts, systèmes sensibles au contexte, réseaux, et gestion participative de l'environnement. Ceci est également l'occasion d'analyser notre expérience en matière de programmes de collaboration (tels que : thèses co-dirigées, CAPES-COFECUB, ANR-FINEP).*

***Abstract.** In this short paper we present our experience in computer science research collaboration from 2005 between LIP6 and PUC-Rio, about agent-based collaborative systems. We show how, from an initial collaboration on the issue of fault-tolerant multi-agent systems, the collaboration expanded to domains such as: governance of open multi-agent systems, context-aware systems, networks, and participatory management of the environment. This is also the opportunity to analyse our experience in terms of collaboration programs (such as: co-directed theses, CAPES-COFECUB, ANR-FINEP).*

## 1. Introduction et historique

Notre objectif est de présenter notre expérience de collaboration entre l'équipe Systèmes Multi-Agents (SMA) du Laboratoire d'Informatique de Paris 6 (LIP6), Paris, et le *Laboratório de Engenharia de Software (LES)* du *Departamento de Informática* de la *Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio)*. Notre collaboration a véritablement débuté en 2005 par un projet CAPES-COFECUB, terminé en décembre 2008. Mais le premier contact est intervenu à l'occasion de notre participation [Guessoum *et al.* 2003] à la première occurrence d'une série de workshops sur Software Engineering for Large Scale Multi-Agent Systems (SELMAS), organisée par Carlos Lucena et son équipe [Garcia *et al.* 2003]. Nous y avons présenté des travaux sur la tolérance aux fautes de systèmes multi-agents (travaux qui ont par ailleurs donné lieu au projet FACOMA du programme ANR SetIn, incluant LIP6, INRIA – projet REGAL LIP6/INRIA – et LIRMM) [Guessoum *et al.* 2010].

Ce premier contact entre nos deux équipes a permis d'identifier une proximité de culture et d'objectifs scientifiques (au croisement entre programmation, génie logiciel, intelligence artificielle et informatique répartie [Briot 2005]) et a été le déclencheur d'une collaboration maintenant bien établie (entre autres résultats : une quarantaine de publications co-signées en 4 ans, 2 doctorats co-dirigés, 2 masters co-dirigés, un projet CAPES-COFECUB, un projet ARCUS, un projet CNPq et un projet ANR-FINEP). Ce

court texte est ainsi l'occasion de présenter cette expérience de collaboration, la manière dont elle s'est progressivement élargie à différents domaines et équipes et une réflexion sur les programmes de soutien à des collaborations.

Il nous faut mentionner qu'il existait déjà une tradition de collaboration du LIP6 avec le Brésil. Le LIP6 inclut notamment actuellement 3 chercheurs permanents de nationalité brésilienne (2 maîtres de conférences à Paris 6 et un chargé de recherche au CNRS, dans les équipes réseaux et systèmes répartis). De plus, il y a en moyenne entre 10 et 20 doctorants brésiliens en thèse au LIP6. Parmi les collaborations existantes, on peut souligner la collaboration historique entre Guy Pujolle et Serge Fdida et Otto von Duarte de l'UFRJ (Rio) dans le domaine des réseaux. Une autre collaboration s'est créée entre Jean-Gabriel Ganascia et Vincent Corruble et Geber Ramalho de l'UFPE (Recife) dans le domaine de l'apprentissage automatique puis des jeux [Corruble et Ramalho 2009]. Ce deuxième canal de collaboration inclut d'ailleurs également une composante musique informatique, auquel nous avons également participé [Cabral *et al.* 2005]. On peut enfin également mentionner un canal de collaboration entre le projet REGAL et l'UFBA (Salvador) dans le domaine des systèmes répartis ainsi que des canaux de collaboration entre l'équipe Décision et l'UFPE ainsi qu'avec l'UFRJ dans le domaine de l'aide à la décision.

Notre collaboration, nouveau canal LIP6-Brésil depuis 2005, s'est d'ailleurs amplifiée et s'est interconnectée avec plusieurs de ces collaborations historiques, puisque nous avons récemment coordonné la composante informatique d'un projet ARCUS (2006-2008) porté par Paris 6 et l'Île de France avec PUC-Rio et UFPE et portant sur les systèmes collaboratifs à base d'agents tels que jeux vidéo et jeux sérieux. Nous participons également avec plusieurs autres partenaires au tout récent projet HORIZON du programme ANR-FINEP réseaux du futur, sur l'utilisation d'une approche agent pour le pilotage de réseaux virtualisés.

## **2. Thématiques abordées**

### **2.1. Systèmes multi-agents tolérants aux fautes**

Cette facette initiale de notre collaboration a porté sur des mécanismes de fiabilisation (tolérance aux fautes) de systèmes multi-agents à large échelle, par des techniques de réplication adaptative [Guessoum *et al.* 2003], développés en collaboration avec le projet REGAL de l'INRIA/LIP6. Le contrôle de la réplication (quels agents, quelle politique de réplication, combien de répliques...) est pris en charge par une couche de contrôle en fonction d'une estimation de la criticité des agents à partir de différents types d'informations [Briot *et al.* 2006] : informations statistiques (messages échangés, charge des processeurs...) et sémantiques (rôles [Guessoum *et al.* 2010], plans [Almeida *et al.* 08], normes [Gatti *et al.* 2007]).

### **2.2. Gouvernance de systèmes multi-agents ouverts**

Cette deuxième facette a porté sur la gouvernance de systèmes multi-agents ouverts. L'idée est, à partir d'une ingénierie des besoins d'une application, de spécifier différents types de lignes de conduite et de régulation, sous la forme de normes (interdictions, obligations, permissions), et qui pourront être utilisées aussi bien par les agents dans leurs processus de décision interne [Felicíssimo *et al.* 2007], que par des mécanismes de contrôle – cette fois externes – de leurs actions et communication [Paes *et al.* 2007] [Carvalho *et al.* 2007]. La représentation et la structuration de normes de gouvernance repose sur l'utilisation d'ontologies, des règles permettant également d'exprimer de manière déclarative et dynamique leur utilisation et composition [Felicíssimo *et al.* 2007]. Des travaux sur la génération de monitoring de systèmes multi-agents, à partir de normes exprimées dans une logique déontique, ont fourni un pont naturel entre spécification de

normes et architectures de contrôle [Felicíssimo *et al.* 08] via la collaboration entre 2 thèses menées à PUC-Rio (Carolina Felicíssimo) et au LIP6 (Caroline Chopinaud).

### **2.3. Systèmes collaboratifs sensibles au contexte**

Une extension naturelle de ce travail sur la gouvernance a alors commencé avec Markus Endler et Karin Breitman (également du département d'informatique de la PUC-Rio) sur l'utilisation de mécanismes de manipulation dynamique de normes et de gouvernance [Viterbo *et al.* 2008] pour contrôler l'adaptation au contexte (« context aware ») d'applications collaboratives nomades [Viterbo *et al.* 2009]. L'objectif est d'explorer la représentation d'informations (sur le contexte) et de normes (contraintes sur les services offerts) sous la forme d'ontologies, ainsi que des mécanismes les manipulant (alignement, sélection...) pour adapter et contrôler les services offerts. Une soumission d'un projet (CAMPUS) sur cette thématique, avec des partenaires du Chili et du Pérou, a été faite cette année au programme STICAmSud.

### **2.4. Pilotage de réseaux**

Le projet HORIZON représente l'exploration d'approches et mécanismes multi-agents pour la conception de réseaux du futur (programme ANR), plus dynamiques et autonomes. Le projet explore un pilotage autonome décentralisé et collaboratif de la gestion de la virtualisation des réseaux (par exemple, pour assurer la création ou/et la clôture dynamique de réseaux, ou la gestion du nomadisme dans des réseaux WiFi). Elle représente une collaboration interdisciplinaire entre LIP6 (équipes réseaux et agents), PUC-Rio (agents et génie logiciel) et UFRJ (réseaux), ainsi que plusieurs autres partenaires (UNICAMP, Télécom Sud Paris...), et ainsi élargit notre palette d'étude de mécanismes multi-agents pour la conception et le contrôle d'applications collaboratives décentralisées.

### **2.5. Gestion environnementale assistée par ordinateur**

La retombée la plus interdisciplinaire de notre collaboration porte sur le développement de méthodologies collaboratives informatisées pour la gestion de l'environnement (en particulier des espaces protégés tels que des parcs). L'approche se base sur des jeux de rôles informatisés distribués (jeux sérieux) [Briot *et al.* 2008], une aide à la négociation [Vasconcelos *et al.* 2009], et à la décision, et l'insertion d'agents artificiels joueurs et décideurs [Briot *et al.* 2009]. Ce projet, nommé SimParc, basé sur une collaboration LIP6, PUC-Rio et UFRJ (gestion environnementale) est progressivement monté en puissance et comprend actuellement une dizaine de chercheurs, dont 4 doctorants. Un workshop bilatéral sur ce thème a également été organisé en novembre 2007 à Rio de Janeiro et a réuni une vingtaine de participants de différents organismes (CIRAD, USP, UNIFOR...). Le projet SimParc a reçu le soutien du programme ARCUS, qui a permis son émergence en tant que projet bilatéral et interdisciplinaire. SimParc reçoit actuellement le soutien du programme Grandes Desafios du MCT-CNPq-INFO. Un projet issu de SimParc, incluant également le LISC du CEMAGREF, et qui explore la modélisation de la viabilité des décisions de gestion à partir de la théorie de la viabilité, a été récemment accepté dans le cadre du programme Ingénierie Ecologique du CNRS-Cemagref (projet ViabilitéSimParc). Un projet plus ample (avec également participation de l'équipe Décision du LIP6 et d'un Parc National) a également été récemment soumis au programme ANR-AIRD SysTerra.

## **3. Bilan et conclusion**

### **3.1. Bilan**

Les résultats à ce jour de cette collaboration débutée en 2005 incluent notamment :

- une quarantaine de publications co-signées (dont certaines sont référencées ici),

- 2 thèses de doctorat co-dirigées (Carolina Felicíssimo et Eurico Vasconcelos),
- 2 thèses de master co-dirigées (Maíra Gatti et Cynthia Moisés),
- un certain nombre de programmes de coopération : CAPES-COFECUB, ARCUS, et ANR-FINEP.
- Plusieurs nouveaux projets ont également été récemment soumis à des programmes de coopération : STICAmSud, PICS CNRS et SysTerra-AIRD.

La collaboration a également eu un effet d'entraînement sur :

- plusieurs autres thèses de doctorat menées entre France et Brésil, bien que non formellement co-dirigées (par exemple, Alessandro Almeida sur la tolérance aux fautes de systèmes multi-agents à l'aide de plans [Almeida *et al.* 08]),
- plusieurs autres séjours sandwich (par exemple, Bruno Silvestre sur la programmation concurrente [Silvestre *et al.* 20xx]),
- des collaborations avec plusieurs autres Professeurs du département d'informatique de PUC-Rio (outre ceux déjà cités), tels que : Arndt von Staa, Noemi Rodriguez [Silvestre *et al.* 20xx], Renato Cerqueira, Simone Barbosa [Vasconcelos *et al.* 2009] et Marco Casanova.

### 3.2. Analyse

De notre expérience à ce jour, après environ 4 ans de collaboration, nous pouvons tirer quelques premières constatations :

- Les programmes de type CAPES-COFECUB sont un excellent soutien à des initiatives de collaboration. Cependant, à la fin d'un tel projet, la question se pose de comment continuer et amplifier la collaboration (si elle en a le potentiel).
- De plus, ce type de programme de collaboration se borne (ce qui est déjà très utile) à des missions d'échanges, mais ne permet pas de financer les recherches dans chaque équipe/pays. Il faut donc coupler financement local et bilatéral, ce qui n'est pas toujours aisé du fait des contraintes (durée, etc.) propres à ces 2 types de financements. Les initiatives très récentes de couplage entre certains programmes de l'ANR et un organisme brésilien tel que la FINEP (idem pour des programmes européens étendus) permettent de combiner les deux types de financements dans un même cadre, avec un niveau de financement conséquent, ceci offrant ainsi des opportunités nouvelles très intéressantes.
- Le projet SimParc (voir le paragraphe 2.5) a représenté une nouvelle forme de collaboration, à la fois bilatérale et interdisciplinaire. Elle a été rendue possible par le programme ARCUS, qui inclut plusieurs axes disciplinaires, ce qui n'est pas le cas de la plupart des programmes bilatéraux, soit mono disciplinaires (MathAmSud, STICAmSud...), soit pluridisciplinaires (CAPES-COFECUB, CNRS-CNPq...) mais dans lesquels les projets sont en pratique essentiellement mono-disciplinaires (ne serait ce que du fait du montant des financements). La conjonction de la juxtaposition de plusieurs disciplines à l'intérieur du programme ARCUS, le montant plus conséquent du financement et la durée (3 ans), ont permis la création d'un projet interdisciplinaire original, ce qui a d'ailleurs représenté une première pour le programme ARCUS.
- Les programmes de type co-tutelle et collègue doctoral franco-brésiliens sont très intéressants, mais en pratique nous avons rencontré des difficultés à les utiliser, du fait d'un relatif manque de flexibilité : la convention doit être signée avant le début de la thèse, ce qui élimine ainsi le cas d'émergence de co-directions en cours de thèse, pourtant des cas réels en pratique. De plus, les contraintes de durée de séjour du sandwich du collègue doctoral peuvent parfois entrer en conflit avec certaines

règles d'écoles doctorales (contraignant les durées de séjours à l'étranger en fonction du calendrier de qualification et de défense de proposition de thèse).

## Remerciements

À nos collègues et étudiants qui, par leur participation, ont permis la genèse et le développement réussi de cette collaboration.

## Références

- Almeida, A., Aknine, S. et Briot, J.-P. (2008) "Dynamic resource allocation heuristics for providing fault tolerance in multiagent systems", *23rd Annual ACM Symposium on Applied Computing (SAC'08)*, Fortaleza, CE, Brésil, mars, p. 66–70.
- Briot, J.-P., Sordoni, A., Vasconcelos, E., Melo, G., de Azevedo Irving, M. et Alvarez, I. (2009) "Design of a decision maker agent for a distributed role playing game – Experience of the SimParc project", *AAMAS Workshop on Agents for Games and Simulations (AGS'09)*, édité par F. Dignum, J. Bradshaw, B. Silverman et W. van Doesburg, Budapest, Hongrie, mai, p. 16–30.
- Briot, J.-P., Vasconcelos, E., Adamatti, D., Sebba Patto, V., Irving, M., Barbosa, S., Furtado, V. et Lucena, C. (2008) "A computer-based support for participatory management of protected areas: The SimParc project", *XXVIII Congresso da Sociedade Brasileira de Computação (SBC'08) – Seminário Integrado de Software e Hardware "Grandes Desafios"*, Belem, PA, Brésil, juillet, p. 1–15.
- Briot, J.-P., Guessoum, Z., Aknine, S., Almeida, A., Faci, N., Gatti, M., Lucena, C., Malenfant, J., Marin, O. et Sens, P. (2006) "Experience and prospects for various control strategies for self-replicating multi-agent systems", *International Workshop on Software Adaptive and Self-Managing Systems (SEAMS'2006)*, Shanghai, Chine, mai, ACM, p. 37–43.
- Briot, J.-P. (2005) "Foreword", *Software Engineering for Large-Scale Multi-Agent Systems III*, édité par R. Choren, A. Garcia, C. Lucena et A. Romanovsky, No 3390, Lecture Notes in Computer Science, Springer Verlag, p. v–vi.
- Cabral, G., Pachet, F. et Briot, J.-P. (2005) "Automatic x traditional descriptor extraction: The case of chord recognition", *6th International Conference on Music Information Retrieval (ISMIR'2005)*, Londres, Royaume-Uni, septembre, p. 444–449.
- Carvalho, G., Lucena, C., Paes, R., Choren et Briot, J.-P. (2007) "Applying the governance framework technique to promote maintainability in open multi-agent systems", *Agent-Oriented Software Engineering: 7th International Workshop, AOSE 2006. Revised Papers*, édité par L. Padgham et F. Zambonelli, No 4405, Lecture Notes in Computer Science, Springer Verlag, p. 64–83.
- Corruble, V. et Ramalho, G. (2009) "Jeux vidéo et systèmes multi-agents", *Technologies des systèmes multi-agents et applications industrielles*, édité par A. El Fallah-Seghrouchni et J.-P. Briot, Collection IC2, Hermes/Lavoisier, p. 235–264.
- Felicíssimo, C., Chopinaud, C., Briot, J.-P., El Fallah-Seghrouchni, A. et Lucena, C. (2008) "Contextualizing normative open multi-agent systems", *23rd Annual ACM Symposium on Applied Computing (SAC'08)*, Fortaleza, CE, Brésil, mars, p. 52–59.
- Felicíssimo, C., Lucena, C., Briot, J.-P. et Choren, R. (2007) "Informing regulatory dynamics in open MASs", *Coordination, Organizations, Institutions and Norms in Multi-Agent Systems II*, édité par P. Noriega, J. Vázquez-Salceda, G. Boella, O. Boissier, V. Dignum, N. Formara et E. Matson, No 4386, Lecture Notes in Artificial Intelligence, Springer Verlag, p. 140–155.

- Garcia, A., Lucena, C., Zambonelli, F., Omicini, A. et Castro, J. (éditeurs) (2003) “Software Engineering for Large-Scale Multi-Agent Systems”, No 2603, Lecture Notes in Computer Science, Springer Verlag.
- Gatti, M., Carvalho, G., Paes, R., Lucena, C. et Briot, J.-P. (2007) “On fault tolerance in law-governed multi-agent systems”, *Software Engineering for Large-Scale Multi-Agent Systems V*, édité par R. Choren, A. Garcia, H. Giese, H. Leung, A. Romanovsky et C. Lucena, No 4408, Lecture Notes in Computer Science, Springer Verlag, p. 1–20.
- Guessoum, Z., Briot, J.-P., Faci, N., et Marin, O. (2010) “Towards reliable multi-agent systems - An adaptive replication mechanism”, *Multiagent and Grid Systems (MAGS)*, 6(1), mars, p. 134, à paraître.
- Guessoum, Z., Briot, J.-P., Marin, O., Hamel, A. et Sens, P. (2003) “Dynamic and adaptive replication for large-scale reliable multi-agent systems”, *Software Engineering for Large-Scale Multi-Agent Systems*, édité par A. Garcia, C. Lucena, F. Zambonelli, A. Omicini et J. Castro, No 2603, Lecture Notes in Computer Science, Springer Verlag, p. 182–198.
- Paes, R., Carvalho, G., Gatti, M., Lucena, C., Briot, J.-P. et Choren, R. (2007) “Enhancing the environment with a law-governed service for monitoring and enforcing behavior in open multi-agent systems”, *Environments for Multi-Agent Systems III*, édité par D. Weyns, H. Van Dyke Parunak et F. Michel, No 4389, Lecture Notes in Computer Science, Springer Verlag, p. 221–238.
- Silvestre, B., Rossetto, S., Rodriguez, N. et Briot, J.-P. (20xx) “Flexibility and coordination in event-based, loosely-coupled, distributed systems”, *Computer Languages, Systems & Structures*, Elsevier, accepté pour publication/à paraître.
- Vasconcelos, V., Briot, J.-P., Irving, M., Barbosa, S. et Furtado, V. (2009) “A user interface to support dialogue and negotiation in participatory simulations”, *Multi-Agent-Based Simulation IX*, édité par N. David et J. Sichman, No 5269, Lecture Notes in Artificial Intelligence, Springer Verlag, p. 127–140.
- Viterbo, J., Mazuel, L., Charif, Y., Endler, M., Sabouret, N., Breitman, K., El Fallah Seghrouchni, A. et Briot, J.-P. (2009) “Ambient intelligence: Management of distributed and heterogeneous context knowledge”, *Context-Aware Self Managing Systems*, édité par W. Dargie, CRC Studies in Informatics Series, Chapman & Hall, p. 79–128.
- Viterbo, J. F., Endler, M. et Briot, J.-P. (2008) “Ubiquitous service regulation based on dynamic rules”, *13th IEEE International Conference on Engineering of Complex Computer Systems (ICECCS'2008)*, Belfast, Irlande du Nord, mars–avril, p. 175–182.