

BULLETIN

DE

L'AFIA



JANVIER 2014

N° 83

Association Française pour l'Intelligence Artificielle

Présentation du bulletin

Le **Bulletin de l'Association Française pour l'Intelligence Artificielle** vise à fournir un cadre de discussions et d'échanges au sein de la communauté universitaire et industrielle. Ainsi, toutes les contributions, pour peu qu'elles aient un intérêt général pour l'ensemble des lecteurs, sont les bienvenues. En particulier, les annonces, les comptes rendus de conférences, les notes de lecture et les articles de débat sont très recherchés. Le Bulletin de l'AFIA publie également des dossiers plus substantiels sur différents thèmes liés à l'IA. Le comité de rédaction se réserve le droit de ne pas publier des contributions qu'il jugerait contraire à l'esprit du bulletin ou à sa politique éditoriale. En outre, les articles signés, de même que les contributions aux débats, reflètent le point de vue de leurs auteurs et n'engagent qu'eux-mêmes.

Pour contacter l'AFIA

Président

Yves DEMAZEAU
L.I.G./C.N.R.S., Maison Jean
Kuntzmann, 110, avenue de la Chimie,
B.P. 53, 38041 Grenoble cedex 9
Tel : +33 (0)4 76 51 46 43
Fax : +33 (0)4 76 51 49 85
Yves.Demazeau@imag.fr
<http://membres-lig.imag.fr/demazeau>

Serveur WEB

<http://www.afia.asso.fr>

Adhésions, liens avec les adhérents

Thomas GUYET
Laboratoire Informatique d'Agrocampus-Ouest
65, rue de Saint-Brieuc
35042 Rennes cedex
Mél. : tresorier@afia.asso.fr

Personnes morales adhérentes à l'AFIA

ENSMSE, Université Paris Dauphine, LORIA, LIRIS, LIMSI, IRIT/SMAC, EDF/STEP, LIPADE, IFFSTAR, LIRMM, TAO, LIFL, GREYC, LIG, ONERA, IRSTEA-TETIS, INRA, LITIS

Conseil d'Administration de l'AFIA

Yves DEMAZEAU, président
Pierre ZWEIGENBAUM, vice-président
Amélie CORDIER, vice-présidente
Olivier BOISSIER, secrétaire
Catherine FARON-ZUCKER, secrétaire adjoint
Catherine TESSIER, secrétaire adjoint
Thomas GUYET, trésorier
Patrick REIGNIER, webmestre

Membres :

Carole ADAM, Patrick ALBERT, Christine BOURJOT, Serge GARLATTI, Sébastien KONIECZNY, Vincent LEMAIRE, Nicolas MAUDET, Philippe MORIGNOT, Bruno PATIN, Laurent VERCOUTER, .

Comité de Rédaction

Charles Gouin-Vallerand

Rubrique « I.A. au Québec »

TÉLUC
5800, rue Saint-Denis, Montréal, Canada
charles.gouin-vallerand@teluq.ca

Nicolas Maudet

Rédacteur adjoint

LIP6, Université Pierre et Marie Curie
4, place Jussieu, 75005 Paris
maudetn@lip6.fr

Philippe Morignot

Rédacteur en chef

LIFEWARE, INRIA Rocquencourt
Domaine de Voluceau, B.P.105, 78150 Le Chesnay
pmorignot@yahoo.fr

Patrick Reignier

Rubrique « Résumés de thèse et HDR »

PRIMA, INRIA Rhône-Alpes
655, avenue de l'Europe, 38334 Saint-Ismier cedex
Patrick.Reignier@inrialpes.fr

Laurent Vercouter

Rédacteur adjoint

LITIS, INSA de Rouen
avenue de l'université, BP8 76801 St-Étienne-du-Rouvray
laurent.vercouter@insa-rouen.fr



Dossier "I.A. & Économie"

Il existe un certains nombres de concepts partagés par des champs de recherche en Intelligence Artificielle et en Economie tels que ceux portant sur la rationalité, l'utilité individuelle ou sociale ou le partage équitable, pour n'en citer qu'une partie. Certes, les approches et modèles proposés dans ces deux disciplines peuvent différer alors qu'ils considèrent un même objet d'étude, et c'est précisément cette différence qui amène leur complémentarité et la richesse des recherches interdisciplinaires associées. Le dossier spécial de ce bulletin n°83 de l'AFIA est consacré à la description de projets de recherche associant I.A et économie. Ce dossier, coordonné par Bruno Beaufile (LIFL, université Lille 1), offre un panorama de la recherche francophone sur ces sujets, montrant par la même occasion la grande variété des thèmes abordés (théorie de la décision, simulation multi-agent, modélisation cognitive ou épistémologique).

À la suite de ce dossier spécial, vous trouverez les compte-rendus de deux journées thématiques organisées à l'initiative de l'AFIA : le séminaire MACS & IA préparé conjointement avec le GDR Modélisation, Analyse et Conduite des Systèmes dynamiques qui s'est tenu le 7 novembre 2013 à Paris ; et la journée RO & IA organisée avec la ROADEF à Paris le 8 octobre 2013. Remercions ici les auteurs de ces comptes-rendus, Davy Monticolo et Nicolas Maudet.

Rappelons également le lien sur le site de notre association, où foisonnent annonces, cours et ressources en général :

<http://www.afia.asso.fr>

Bonne lecture.

Laurent Vercouter, Nicolas Maudet & Philippe Morignot
Rédacteurs en chef

Dossier IA et Économie

Contrairement à ce que l'on pourrait penser de prime abord, il existe de nombreux liens entre l'Intelligence Artificielle et l'Économie (ou plus exactement son approche académique englobante : les Sciences Humaines et Sociales). On peut par exemple les considérer comme deux méthodes d'études différentes d'un même objet : le **comportement humain**. L'une a pour objectif de tenter de le « reproduire », l'autre de « l'analyser » dans sa globalité, souvent à des fins de prédictions ou d'optimisation. Dans la structuration même de ces disciplines, on retrouve des similitudes ne serait-ce que dans certains des outils utilisés (les mathématiques d'un côté et la simulation de l'autre) ou des partitions des communautés scientifiques associées. On peut aussi noter que d'importants protagonistes ont contribué à ces deux disciplines à commencer par John von Neumann.

Cependant ces liens sont loin d'être immédiats pour un observateur du monde de la recherche. Il existe, en effet, de nombreuses difficultés qui entravent souvent les collaborations pluridisciplinaires en général. Certaines sont *objectives* (historique, approche et culture scientifique différentes par exemple) mais d'autres sont plus subtiles (organisation, structure et reconnaissance de la recherche différente). Les travaux à l'interface entre l'IA et l'Économie n'échappent malheureusement pas à la règle. La perception des deux disciplines par le grand public, le monde politique et même les acteurs de la recherche est très différente. Les méthodes d'organisation de la recherche (ne serait-ce que sur les habitudes de publications, de formations ou de représentation) elles aussi sont très différentes, aussi bien en nature qu'en nombre. La reconnaissance académique (ou en tout cas institutionnelle) de ces travaux réellement pluridisciplinaires est donc encore difficiles, au moins en France, pour les différents acteurs impliqués.

L'objet de ce dossier est de tenter de montrer que ces liens sont pourtant forts et surtout très actifs en France, même s'ils sont sans doute plus discrets que dans d'autres interfaces à l'IA. Concrètement, en France, plusieurs sous-domaines de l'IA sont en relation très fortes avec certains sous-domaines de l'Économie. Ces liens existent notamment entre des parties de l'IA et la théorie des jeux, la théorie de la décision, la théorie du choix social, les mécanismes d'enchères, la finance et la modélisation économique (monnaie, travail, développement, industrie, etc.).

Dans certains cas, les modèles et résultats issus de l'économie sont utilisés par l'IA et dans d'autres, ce sont les méthodes et outils issus de l'IA qui deviennent des outils privilégiés ou des inspirations pour l'Économie. On retrouve des équipes d'IA travaillant avec des économistes un peu partout sur le territoire. De nombreux chercheurs et enseignants-chercheurs français sont impliqués dans des actions internationales liant IA et Économie, notamment autour de conférences¹, de projets ou d'actions de diffusions.

Dans ce dossier tous les liens et travaux entre IA et Économie en France, ne sont pas présentés, loin de là. Ces absences illustrent les difficultés déjà évoquées et appelle à renouveler régulièrement un tel dossier pour espérer couvrir et promouvoir l'intégralité des relations entre IA et Économie qui sont naissantes mais prometteuses. Cependant à travers les contributions regroupées ici la diversité des travaux et des actions existants me semble être assez bien visible. Dans un premier, temps on y trouve la présentation de travaux liant IA et Économie, puis la présentation de réseaux nationaux et enfin la présentation de deux outils.

Les deux premières contributions illustrent comment l'utilisation d'une approche économique peut faire progresser un objectif lié à l'IA. La première décrit comment la théorie des jeux peut être utilisée afin de caractériser la rationalité sociale. Ici c'est l'étude des interactions entre agents qui progresse grâce à ce croisement IA et Économie. La seconde, sur un sujet différent concernant les mécanismes d'enchères, illustre comment la rationalité et son approche ont une importance aussi bien en Économie qu'en IA. La contribution suivante présente le *choix social computationnel*, qui étudie principalement, dans une perspective informatique, les questions de vote ou de partage équitable de ressources (mais pas seulement, comme nous le verrons).

Le reste des contributions concerne essentiellement les approches multi-agents qui ont des liens forts et de plus en plus nombreux avec l'Économie. C'est notamment le cas via les modélisations et les simulations. L'IA est souvent dans ce cas, non seulement un outil particulièrement adapté aux expérimentations économiques, mais également une nouvelle approche (moins liée aux mathématiques et plus proche du monde réel) de l'Économie. C'est notamment

1. Nous avons par exemple créé la série de conférences **Artificial Economics** à Lille il y a 10 ans.

l'approche centré individu, opposée à la notion d'*homo-economicus* ou d'aggrégation représentative (qui est encore le modèle *classique* en Économie), qui intéresse les économistes. Deux réseaux (MAGECO et MEO-SMASH) présentent leurs objectifs et activités dans les deux contributions suivantes. Une présentation de la plateforme de marchés financiers ATOM est ensuite faite juste avant de conclure par la présentation de WorkSim un simulateur multi-agent du marché du travail français construit en collaboration entre enseignants-chercheurs en IA et en Économie.

Je tiens à remercier les contributeurs à ce dossier qui ont répondu positivement à mes sollicitations et ont réalisé un travail spécifique pour l'AFIA, ainsi que Jérôme Lang pour son aide bienveillante.

Bruno BEAUFILS (Université de Lille / LIFL)

La rationalité sociale

Dans cet article, nous décrivons comment l'équipe LILaC de l'IRIT (Institut de Recherches en Informatique de Toulouse) a abordé la caractérisation de la rationalité sociale dans une double perspective : (i) une perspective plus théorique avec la définition d'un formalisme logique mettant en évidence la dynamique des états épistémiques des agents dans les jeux dynamiques et (ii) une perspective expérimentale mettant en évidence l'importance des relations sociales dans les interactions entre agents. Ces deux perspectives s'appuient sur une caractérisation des interactions sociales fondée sur la théorie des jeux.

- Frédéric MOISAN – fmoisan@andrew.cmu.edu
- Carnegie Mellon University
- <https://sites.google.com/site/fmoisan>

Personnes concernées

- Frédéric Moisan, Postdoctoral fellow, Carnegie Mellon University
- Astrid Hopfensitz, Maître de conférences en économie de l'Université Toulouse 1 Capitole
- Emiliano Lorini, Chargé de Recherches CNRS, IRIT
- Giuseppe Attanasi, Maître de conférences en économie de l'Université de Strasbourg

Introduction

De manière générale, la rationalité consiste à suivre un raisonnement consistant et optimal. Cependant, dans le contexte d'interactions sociales, cette définition ne suffit pas : toute société humaine est constituée de groupes d'individus liés les uns aux autres à travers des relations sociales plus ou moins persistantes. En conséquence, il est raisonnable d'affirmer que l'environnement social d'un individu est largement responsable à la détermination de son propre bien-être. Les travaux conduits au sein de l'équipe LILaC en collaboration avec l'École d'Économie de Toulouse ont conduit à l'analyse formelle du concept de rationalité afin d'approfondir sa compréhension dans le contexte d'interactions sociales. Plus précisément, nous avons étudié les composantes suivantes qui sont essentielles à la définition de ce que nous appelons la rationalité sociale :

- *Les croyances et connaissances.* Il est clair que la rationalité dépend largement de l'état épistémique d'un agent. Dans le contexte d'interactions sociales, le problème devient même plus complexe puisque tous les agents doivent alors considérer ce qu'ils savent à propos de ce que chacun sait.
- *Les liens sociaux entre individus.* Le type de relations sociales existant entre individus lors d'interactions sociales a un effet sur leur rationalité individuelle. Plus précisément, le niveau avec lequel chaque agent est lié avec chaque autre agent affecte directement

ses préférences individuelles, et par conséquent son comportement.

Afin d'analyser ces composantes, nous avons utilisé la théorie des jeux non coopératifs comme outil de formalisation. Cependant, cet outil ne fournit pas un langage suffisamment riche permettant de modéliser de façon non ambiguë le type de raisonnement menant à un comportement rationnel. Afin de répondre aux besoins de formaliser une réflexion logique sur la croyance et la connaissance, l'utilisation de la logique modale est alors souvent privilégiée par les informaticiens ainsi que par les philosophes. Une telle logique est particulièrement intéressante pour l'étude de la rationalité car elle permet de formaliser le raisonnement sur les attitudes mentales des agents.

De plus, il est aujourd'hui largement admis que les théories économiques nécessitent l'utilisation d'expériences comportementales afin de mieux comprendre les différents mécanismes nécessaires à la prise de décision humaine dans les interactions sociales. De manière similaire aux sciences physiques, l'utilisation de ces expériences contrôlées s'est trouvée être largement pertinente à l'étude de questions économiques au cours des dernières décennies [14,7]. La contribution principale des travaux présentés dans cet article consiste à approfondir la définition d'une telle rationalité sociale à travers la combinaison de la théorie des jeux classiques avec la formalisation logique ainsi que l'expérimentation économique.

La rationalité épistémique dans les jeux dynamiques

Un comportement rationnel dans des interactions sociales séquentielles repose sur des fondations épistémiques importantes. Une étude de la rationalité fait alors nécessairement référence au domaine récent appelé "épistémologie interactive" (un terme inventé par Robert Aumann dans [3]) qui traite de la logique de la connaissance et de la croyance au sein d'interactions multi-agents. Les principaux travaux

réalisés dans ce domaine ([2,4]) reposent sur une analyse purement sémantique permettant difficilement de formaliser des concepts aussi complexes que le raisonnement temporel. Parce qu'elle permet de combiner ce type de raisonnement avec les notions de croyance et connaissance, la logique modale apparaît donc comme un candidat naturel à l'étude de la rationalité dans ce type de jeux.

Afin d'illustrer le type d'interaction pertinente à cette étude, considérons le jeu représenté par un arbre de décision dans la Figure 1.

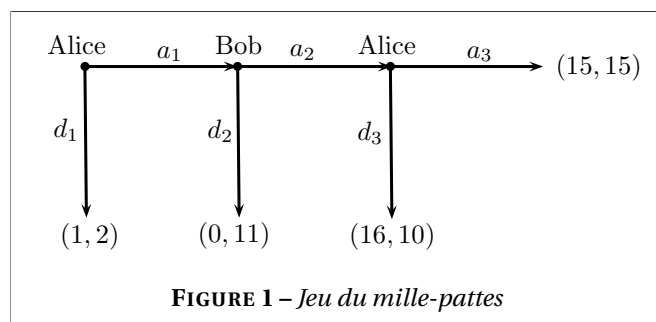


FIGURE 1 – Jeu du mille-pattes

Selon la Figure 1, le jeu du mille-pattes concerne deux joueurs (Alice et Bob) qui interagissent de manière séquentielle (selon les flèches) : la première étape constitue le choix d'Alice entre les options d_1 et a_1 (le noeud à gauche dans la Figure 1). Si Alice choisit d_1 , le jeu est terminé et Alice et Bob obtiennent respectivement 1 et 2 comme utilité². Si Alice choisit a_1 , alors Bob fait face à une situation similaire en choisissant entre les options d_2 et a_2 (a_2 permettant alors à Alice de jouer à nouveau).

Afin de déterminer le comportement optimal dans de telles situations, la théorie des jeux utilise des concepts de solutions permettant d'identifier des équilibres. Nous nous intéressons donc à l'induction rétrograde qui représente le concept le plus pertinent dans le contexte des jeux dynamiques. Dans le jeu de la Figure 1, l'induction rétrograde mène à l'unique solution (d_1, d_2, d_3) : en effet, le choix optimal d'Alice dans le dernier noeud de l'arbre (à droite dans la Figure 1) correspond à d_3 (une utilité de 16 domine l'utilité de 15). Etant donné cette décision, le choix optimal de Bob est donc d_2 . En suivant le même raisonnement, le choix optimal de Alice au début du jeu est d_1 .

Afin de déterminer les conditions épistémiques nécessaires à la prédiction d'un tel comportement, Robert Aumann a précédemment démontré que l'induction rétrograde dans les jeux à information parfaite peut être dérivée à partir de l'hypothèse de connaissance commune de rationalité mutuelle [2]. La définition de rationalité qui est

considéré dans le théorème d'Aumann peut être décrite de la manière suivante : "Peut importe où le joueur se trouve - à quelle point du jeu - il ne choisira pas une stratégie **en sachant** que cela lui apportera moins que ce qu'il aurait pu obtenir avec une stratégie différente" [2].

Dans [12], l'équipe LILaC a proposé une logique multi-modale intégrant les concepts d'actions, de stratégies, de connaissances, et de préférences, permettant ainsi de formaliser avec précision le raisonnement dans les jeux dynamiques. Cette logique permet de représenter les concepts précédents de rationalité et d'induction rétrograde, et permet aussi de fournir une preuve syntaxique du théorème d'Aumann (voir ci-dessus). La principale caractéristique de cette logique est qu'elle permet de considérer la dimension temporelle de la rationalité qui est souvent ignorée dans la littérature : la capacité expressive d'une telle logique permet d'améliorer la compréhension de la relation existante entre le temps et la connaissance dans les interactions sociales. Cette contribution a non seulement permis de clairement identifier les hypothèses épistémiques requises qui sont implicites dans la preuve originale d'Aumann, mais elle a aussi permis également d'affaiblir l'énoncé original du théorème et de répondre à des questions pertinentes liées aux mécanismes d'apprentissage et de mémorisation, aux introspections positives et négatives, au raisonnement temporel et à la rationalité limitée. Une telle analyse permet de répondre formellement à une critique connue du théorème d'Aumann liée au type de raisonnement contrefactuel utilisé par les agents : comme suggéré dans [15], la croyance d'un agent à propos de ce qui pourrait arriver dans une situation hypothétique doit être distinguée de la croyance de cet agent si cette situation se produit réellement.

La rationalité et les liens sociaux

Dans les théories économiques classiques, la plupart des modèles assument que les agents sont individualistes et maximisent leur profit matériel. Cependant, d'importantes preuves expérimentales en économie et psychologie sociale ont démontré l'existence de déviations persistantes d'un tel comportement individualiste dans de nombreuses situations stratégiques. Ces résultats suggèrent le besoin d'incorporer les préférences sociales dans les modèles de la théorie des jeux. De telles préférences décrivent le fait qu'un joueur ne considère pas seulement son propre profit matériel, mais également celui des autres joueurs [13]. Les différentes normes sociales créées par l'environnement culturel dans lequel les êtres humains vivent apportent des précisions concernant la manière dont de telles données expé-

2. L'utilité représente la satisfaction de l'agent par rapport à la conséquence obtenue, et peut être représenté par une récompense financière (en euros ou dollars).

riméntales peuvent être interprétées : la justice, l'aversion à l'inégalité, la réciprocité, et la maximisation du bien-être social sont des concepts bien connus en économie comportementale qui jouent un rôle important dans la prise de décision interactive.

Les préférences sociales apparaissent alors comme une option réaliste car elles permettent d'expliquer les comportements humains tout en considérant des agents rationnels. Cependant, bien que de nombreuses études expérimentales (par exemple [5,11]) ont montré que les gens manifestent naturellement des préférences incorporant le profit des autres lors d'interactions avec des parfaits étrangers, on peut s'interroger dans quelle mesure l'existence de relations sociales peut influencer le comportement. L'énoncé suivant caractérise la condition minimale que nous considérons pour l'existence d'un tel lien social entre deux individus :

Un lien social existe entre deux individus **si et seulement si** il est croyance commune qu'ils partagent les mêmes propriétés sociales qui définissent leur identité sociale.

Une propriété importante des liens sociaux repose sur son aspect quantitatif, c'est à dire, deux individus peuvent être plus ou moins liés l'un avec l'autre. Plus précisément, nous assumons qu'un lien social entre deux individus peut être mesuré sur une échelle variant de 0 à 1, correspondant respectivement à la valeur minimale et la valeur maximale du lien. Selon notre interprétation, la dimension quantitative d'un lien social entre deux individus dépend des variables suivantes :

- La quantité et l'importance des propriétés sociales partagées qui définissent les identités sociales des deux individus (e.g., appartenir au même parti politique, croire en la même religion, soutenir la même équipe de football).
- La quantité et la qualité des interactions passées entre les deux individus (e.g., échanger des idées, des opinions, partager des émotions positives).

Mesurer les effets des relations sociales sur le comportement humain n'est pas nouveau dans les domaines de l'économie et de la psychologie sociale. Dans les années passées, de nombreuses études ont effectivement montré que les gens tendent à coopérer plus avec des individus qui appartiennent au même groupe qu'avec des individus qui appartiennent à des groupes différents (voir, e.g., [6,9]). Ces observations ont mené à la distinction entre le concept de *in-group* qui constitue un groupe social auquel un individu s'identifie psychologiquement comme un de ses membres, et celui de *out-group* qui, au contraire, représente un groupe auquel un individu ne s'identifie pas comme un de ses membres. Alors qu'un tel comportement

de *in-group* peut raisonnablement être induit par une large variété de phénomènes tels que la culture, la religion ou le genre ; le paradigme bien connu du groupe minimal [17] suggère que même des caractéristiques sans aucune signification peuvent suffire à déclencher une identification de groupe. Cependant, malgré les preuves empiriques pour un favoritisme *in-group* (i.e., favoriser des membres de son groupe par rapport aux non-membres), il reste à clarifier ce qui détermine un *in-group* en premier lieu. En effet, on peut facilement imaginer que différents niveaux de *in-group* existent : par exemple, un individu peut simultanément s'identifier comme un économiste, un informaticien, et un membre de son club de sport favoris. Notre objectif a alors été d'examiner l'impact que la variation de ce niveau de *in-group* peut avoir sur le comportement humain : un individu se comporte-t-il de la même manière lorsqu'il interagit avec un ami proche, une simple connaissance, ou un étranger ?

Afin de répondre à ce type de questions, nous avons proposé une expérience visant à évaluer le comportement de sujets humains dans le jeu de coordination asymétrique présenté dans la Figure 2. L'avantage principale d'un tel jeu est qu'il permet de séparer les prédictions de théories basées sur l'intérêt personnel, les préférences sociales, et les liens sociaux. D'après le jeu d'entrée de la Figure 2, le joueur 1 doit tout d'abord choisir entre *In* et *Out*. Si l'option de sortie *Out* est sélectionnée, alors le jeu est terminé et les joueurs 1 et 2 obtiennent respectivement un profit de €20 et €10. Si l'option d'entrée *In* est choisie, alors les deux joueurs font face à un problème de coordination : ils peuvent chacun gagner €0 dans le cas où ils choisissent une option différente. Dans le cas contraire, chacun remporte une somme positive, mais l'un d'entre eux sera nécessairement avantagé par rapport à l'autre.

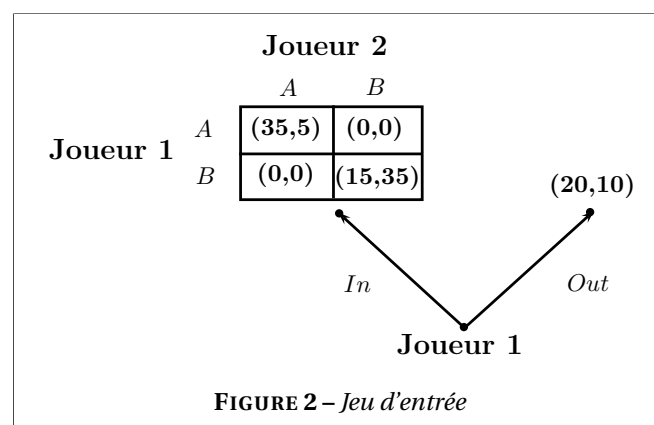


FIGURE 2 – Jeu d'entrée

Dans ce contexte, nous avons varié le niveau de lien social en créant des interactions avec des partenaires de différents *in-groups* (i.e., coéquipiers dans un sport collectif,

membres du même club de sport, membres de la même université). Nous avons également utilisé des questionnaires directs afin de mesurer plus précisément les connexions sociales entre chaque individu et leur propre équipe sportive.

Le résultat principal de cette étude est la preuve empirique révélant que de forts liens sociaux aident les gens à se coordonner et à promouvoir leur bien-être respectif. Cette analyse suggère donc que les liens sociaux peuvent être utilisés comme un appareil qui permet soit d'augmenter le degré d'individualisme et de raisonnement stratégique (lorsque le lien social diminue), soit d'augmenter le degré de justice (lorsque le lien social augmente).

Concernant les implications théoriques d'une telle étude expérimentale, il apparaît que nos observations rejettent les théories pertinentes de préférences sociales qui existent dans la littérature économique (i.e., [10,8]). De la même manière, bien que nos résultats peuvent être prédits par les théories de raisonnement en équipe [16,18]³, nous montrons que ces théories sont trop limitées pour expliquer les effets comportementaux de liens sociaux car elles sont construites à partir d'une interprétation binaire d'identification de groupe (i.e., soit un individu s'identifie à un groupe ou pas). En effet, l'aspect quantitatif des liens sociaux suggère la nécessité d'introduire un nouveau modèle pour capturer le concept de liens sociaux comme des variables continues. En conséquence, nous avons proposé un modèle dans [1] qui repose sur la possibilité d'un individu de s'identifier partiellement à un groupe. L'hypothèse principale qui résulte d'un tel modèle est que les relations sociales peuvent influencer le choix des individus en modifiant leurs préférences individuelles : un agent peut alors choisir d'être *juste* conditionnellement à la proximité relative envers son partenaire.

Conclusion

A travers ces travaux, nous avons montré que l'état épistémique d'un agent ainsi que l'environnement social dans lequel il se trouve ont un impact crucial sur la manière de se comporter rationnellement. De plus, ces études démontrent l'intérêt évident de combiner différents outils de l'informatique (e.g., la logique) avec les méthodologies provenant de l'économie (e.g., la théorie des jeux, l'expérimentation).

Les perspectives de recherche future sont nombreuses et incluent l'analyse épistémique des liens interpersonnels, particulièrement dans le contexte d'interactions sociales où

différents groupes concurrents peuvent coexister, ce qui représente un problème complexe encore peu étudié dans la littérature. De plus, quels impacts la structure d'un réseau social a sur le comportement rationnel d'un individu reste, à ce jour, un problème ouvert qui suggère de lier les théories économiques au domaine de la sociologie. Nous travaillons alors actuellement sur le développement d'un cadre général de théorie des jeux incorporant les notions d'identification partielle à un ou plusieurs groupes. Plus globalement, l'objectif de ce type d'étude est d'utiliser la théorie des jeux pour mieux évaluer la distance qui sépare un comportement individuel et égoïste de la coopération sociale dans le contexte d'interactions stratégiques.

Bibliographie

- [1] Giuseppe Attanasi, Astrid Hopfensitz, Emiliano Lorini, and Frédéric Moisan. The effects of social ties on coordination : conceptual foundations for an empirical analysis. *Phenomenology and the Cognitive Sciences*, pages 1–27, 2013.
- [2] R. J. Aumann. Backward induction and common knowledge of rationality. *Games and Economic Behavior*, 8 :6–19, 1995.
- [3] R. J. Aumann. Interactive epistemology ii : Probability. *International Journal of Game Theory*, 28(3) :301–314, 1999.
- [4] P. Battigalli and M. Siniscalchi. Strong belief and forward induction reasoning. *Journal of Economic Theory*, 106(2) :356–391, 2002.
- [5] J. Berg, J. Dickhaut, and K. McCabe. Trust, reciprocity, and social history. *Games and Economic Behavior*, 10(1) :122–142, 1995.
- [6] M. B. Brewer. In-group bias in the minimal intergroup situation : A cognitive-motivational analysis. *Psychological bulletin*, 86(2) :307–324, 1979.
- [7] C. Camerer. *Behavioral game theory : Experiments in strategic interaction*. Princeton University Press, 2003.
- [8] G. B. Charness and M. Rabin. Understanding social preferences with simple tests. *Quarterly Journal of Economics*, 117 :817–869, 2002.
- [9] Y. Chen and S.X. Li. Group identity and social preferences. *The American Economic Review*, 99(1) :431–457, 2009.
- [10] E. Fehr and K. M. Schmidt. A theory of fairness, competition, and cooperation. *Quarterly Journal of Economics*, 114 :817–868, 1999.

3. Selon le raisonnement en équipe, l'action d'un agent peut être interprétée comme "faire ce qui est *bien pour le groupe*, en assumant que l'autre agent fait également ce qui est *bien pour le groupe*".

- [11] W. Güth, R. Schmittberger, and B. Schwarze. An experimental analysis of ultimatum bargaining. *Journal of Economic Behavior & Organization*, 3(4) :367–388, 1982.
- [12] E. Lorini and F. Moisan. An epistemic logic of extensive games. *Electronic Notes in Theoretical Computer Science*, 278 :245–260, 2011.
- [13] H. Margolis. *Selfishness, Altruism, and Rationality : A Theory of Social Choice*. University of Chicago Press, Chicago, 1982.
- [14] A. E. Roth and J. H. Kagel. *The handbook of experimental economics*, volume 1. Princeton University Press Princeton, 1995.
- [15] R. Stalnaker. Belief revision in games : forward and backward induction. *Mathematical Social Sciences*, 36(1) :31–56, 1998.
- [16] R. Sugden. The logic of team reasoning. *Philosophical Explorations*, 6(3) :165–181, 2003.
- [17] H. Tajfel. Experiments in intergroup discrimination. *Scientific American*, 223(5) :96–102, 1970.
- [18] R. Tuomela. *The philosophy of sociality : The shared point of view*. OUP USA, 2010.

Mécanismes d'enchères

Dans cet article, nous décrivons comment l'équipe LILaC de l'IRIT (Institut de Recherches en Informatique de Toulouse) a abordé la conception de mécanismes d'enchères dans une double perspective : une perspective théorique avec la recherche de la satisfaction de propriétés et une perspective expérimentale avec l'évaluation de métriques.

- Laurent PERRUSSEL – laurent.perrussel@irit.fr
- IRIT – Université de Toulouse
- <http://www.irit.fr/~Laurent.Perrussel>

Personnes concernées

- Laurent Perrussel, Maître de conférences en informatique de l'Université Toulouse 1 Capitole
- Jean-Marc Thévenin, Maître de conférences en informatique de l'Université Toulouse 1 Capitole
- Dongmo Zhang, Associate Professor, University of Western Sydney (UWS)
- Masabumi Furuhashi, Doctorant 2006-2009 en cotutelle UWS-IRIT
- Dengji Zhao, Doctorant 2009-2012 en cotutelle UWS-IRIT

Introduction

La description d'un comportement rationnel pour chaque agent ne conduit pas à la définition d'un système multi-agent rationnel. En effet, des comportements individuels rationnels, comme satisfaire ses propres buts, peuvent conduire à des dysfonctionnements qui ne peuvent être appréhendés qu'au niveau collectif. Les principes de comportement rationnels doivent donc non seulement s'exprimer en termes individuels mais aussi en termes collectifs.

L'approche la plus populaire pour la représentation de l'état d'un système est issue du champ des sciences économiques et plus particulièrement de la théorie des jeux : les deux caractéristiques les plus courantes traduisant la notion d'états rationnels d'un système multi-agents sont la notion d'équilibre et d'optimum. Un équilibre représente un état général où chaque agent est lui-même dans un état stable et la notion d'optimum représente un état général où chaque agent est lui-même dans un état lui apportant la plus grande satisfaction possible et où il ne peut être plus satisfait qu'au détriment des autres agents du système. Cette dernière caractéristique suppose que les agents soient capables d'exprimer des préférences sur leur état interne et implique aussi que la notion d'optimalité ne peut être appréhendée par l'agent lui-même mais que celle-ci doit se définir au niveau du système.

La théorie des jeux est probablement le cadre formel qui a été et est le domaine le plus fécond pour la caractérisation axiomatique de comportement global et ceci s'est notamment traduit par de très nombreux travaux dans le domaine des mécanismes d'allocation et jeux d'enchères [8]. Ces travaux ont notamment permis de relier les notions collectives d'équilibre et d'optimalité en termes de contraintes sur les comportements individuels, autrement dit en termes d'actions à exécuter. Dans le contexte des mécanismes d'enchères, l'action exécutée consiste à annoncer un prix. Ainsi pour obtenir la stabilité et l'optimalité, le mécanisme doit inciter les agents à annoncer leur prix de manière véridique. Ces prix traduisent un prix minimal (une offre) ou un prix maximal (une demande).

L'équipe LILaC a abordé la définition de mécanismes d'enchères selon une double perspective : (i) une perspective théorique où les notions d'efficacité et de révélation des prix sont formellement étudiées afin que le mécanisme d'enchère soit rationnel et (ii) une perspective expérimentale où la notion de rationalité est évaluée sous forme de métriques et non plus sous formes de propriétés. Ci-après nous illustrons les enjeux liés à la conception de mécanismes d'enchères doubles suivant ces deux perspectives.

Enchère double

Une enchère double concerne une commodité et met en jeu deux ensembles disjoints d'acheteurs et vendeurs ; on suppose que chaque vendeur vend une unité et chaque acheteur souhaite acheter une unité de la commodité. Chaque acheteur propose un prix d'achat (prix maximum que celui-ci est prêt à payer) et les vendeurs soumettent simultanément des prix de vente (ce prix représente le prix minimum pour lequel le vendeur est prêt à céder la commodité). Si il n'y a qu'un seul vendeur, le problème est alors un problème d'enchère simple. Le mécanisme d'allocation consiste donc à apparier offres de ventes et d'achats, chaque appariement représentant une transaction. Les transactions définies, le second problème majeur concerne la définition du prix des transactions : doit-il y

avoir un prix unique pour toutes les transactions et si oui comment déterminer ce prix ? La transaction doit-elle donner un avantage au vendeur ou à l'acheteur (en choisissant son prix) et, dans ce cas, ne risque-t-il pas d'y avoir manipulation des prix par les acheteurs et vendeurs ?

L'élément clef qui conditionne la possibilité de concevoir un mécanisme rationnel est la notion d'utilité et de maximisation de celle-ci. Tout agent, qu'il soit acheteur ou vendeur, impliqué dans le processus d'allocation dispose d'une fonction lui permettant d'évaluer ses actions (habituellement appelé *stratégie* dans la théorie des jeux). Ces actions consistent, dans le contexte des enchères, à proposer un prix d'achat ou de vente pour une commodité (soit p_i le prix proposé). Le prix proposé est basé sur la valuation de la commodité que fait l'agent de cette commodité : cette valuation est spécifique à l'agent et est une information privée. Soit v_i cette valuation. L'utilité associée à l'action est donc simplement définie par la différence entre p_i et v_i .

Le mécanisme d'enchères alloue cette commodité en fonction des prix proposés. Cela implique que les agents ne doivent pas avoir intérêt à annoncer des prix qui leur permettrait de manipuler le mécanisme d'allocation. Autrement dit, de la caractérisation du mécanisme pourra être déduit un comportement rationnel ou non des agents (dans leurs actions). La première exigence qui est traditionnellement attendue d'un mécanisme d'enchère est son efficacité.

Efficacité le vainqueur de l'enchère est l'agent acheteur qui a fait la meilleure offre (la plus grande évaluation pour la commodité).

L'efficacité induit donc la question du paiement car, connaissant le prix que celui-ci devra payer, l'acheteur potentiel peut avoir intérêt à définir puis annoncer un prix qui le conduira à gagner l'enchère en payant le moins possible. Ainsi, si le prix que celui-ci doit payer est basé sur le prix qu'il proposera, celui-ci aura intérêt à annoncer un prix qui lui permettra de minorer son paiement. Autrement dit, le mécanisme d'enchère doit éviter toute manipulation des prix. Cette seconde caractéristique est une notion fondamentale de la rationalité qui doit guider la conception d'un mécanisme d'enchère.

Véracité des actions tous les agents ont intérêt à révéler leur valuation privée, autrement dit, les agents doivent être sincères et ne doivent pas avoir intérêt à proposer un prix différent de leur propre valuation : annoncer un prix différent revient de fait à manipuler le marché, autrement dit le mécanisme d'enchère (usuellement dénommé *incentive compatibility* ou *truthfulness*).

La troisième caractéristique clef traduisant la notion de rationalité est la notion d'équilibre car elle traduit stabilité et maximisation.

Équilibre aucun agent ne peut augmenter son utilité en effectuant une action différente sans que celle-ci ne diminue l'utilité d'au moins un autre agent. Autrement dit, tous les agents maximisent leur utilité. C'est une propriété primordiale car elle permet de traduire la notion de maximisation du mécanisme d'allocation. L'*équilibre de Nash* permet de traduire le fait que tous les agents maximisent mutuellement par leurs actions les utilités de chaque agent : autrement dit, si tous les agents excepté l'agent i effectuent une action maximisant leur utilité, alors l'agent i doit aussi effectuer une action maximisant son utilité. Cet équilibre permet de traduire à la fois la notion de stabilité (car les agents ne sont pas incités à effectuer une autre action) et de maximisation (toute autre action qu'effectuerait un agent nuirait à son utilité).

Ci-après, nous illustrons comment un mécanisme d'enchère est conçu afin que celui-ci vérifie ces propriétés. Pour cela, nous considérons le contexte d'*enchère doubles en ligne* qui caractérise une enchère où acheteurs et vendeurs sont dynamiques. Les valuations associées aux acheteurs et vendeurs sont bornées dans le temps : les offres sont des triplets $\langle a_i, d_i, v_i \rangle$ où a_i et d_i caractérisent l'intervalle de temps où l'agent i propose la valeur v_i . En fonction des propositions et des contraintes temporelles, une allocation est alors effectuée.

Formaliser un mécanisme d'enchère double en ligne

Dans [11], nous avons proposé un mécanisme d'allocation pour des enchères doubles où les ordres sont temporellement contraints. Nous supposons que les acheteurs et vendeurs sont intégralement connus mais ne sont actifs que pendant une période de temps. Autrement dit, à chaque agent i est associé un triplet $\langle a_i, d_i, v_i \rangle$ indiquant que l'agent i est actif pendant la période $[a_i; d_i]$ avec la valuation privée v_i . Un ordre d'achat et de vente peuvent être appariés si la valuation de l'ordre d'achat est supérieure à la valuation de l'ordre de vente et s'il existe une intersection non vide entre les deux intervalles temporels. Afin de satisfaire les propriétés d'efficacité des mécanismes d'allocation et de paiement ainsi que la véracité des valuations révélées, nous considérons l'allocation comme un processus d'appariement dans un graphe biparti. La figure 3 représente le processus d'appariement. Il s'agit d'un processus d'augmentation dans un graphe biparti : à chaque étape, l'augmentation consiste à augmenter l'ensemble des éléments appariés en choisissant comme ordre d'achat et de

vente appariés ceux dont la différence entre prix d'achat et de vente est maximal.

Cette technique d'appariement se traduit par des algorithmes permettant d'exprimer les notions clés de rationalité (efficacité et véracité) en termes de propriétés sur les graphes. Ainsi une allocation est efficace si l'appariement est maximal dans le graphe biparti induit par les ordres d'achat et de vente (il n'existe plus d'ordre d'achat et de ventes pouvant être appariés). L'utilisation de ces mêmes techniques nous permet d'établir un mécanisme VCG (Vickrey, Clarke, Groves) de paiement [7] : le prix payé par un acheteur est le prix qu'aurait du recevoir le vendeur si l'acheteur n'avait pas participé à l'enchère. Cette technique permet de définir les prix pour chaque agent uniquement en fonction des prix proposés par les autres agents. De fait, le prix proposé par l'agent n'influe pas sur le prix que celui-ci paiera (ou recevra). Cette technique garantit que le prix ne peut être manipulé.

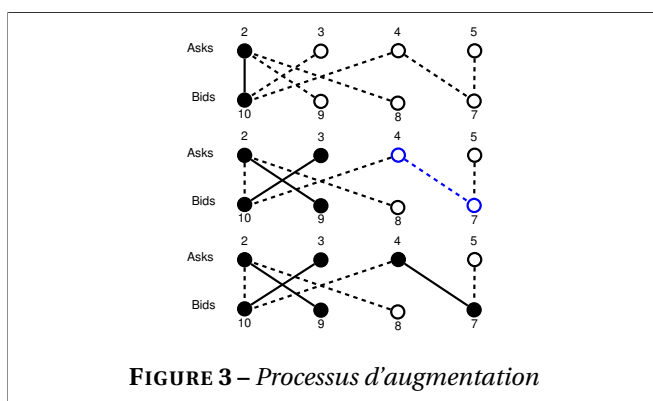


FIGURE 3 – Processus d'augmentation

Ce mécanisme offre une solution optimale calculable hors ligne d'un problème d'allocation correspondant à un environnement dynamique[1].

Nous voyons donc que la conception de mécanismes se concrétise sous la forme (i) d'un algorithme d'appariement et (ii) d'un algorithme de paiement ; ces deux algorithmes sont ensuite évalués afin de vérifier les propriétés d'efficacité et véracité.

Expérimenter des mécanismes d'enchères

L'abandon de la recherche de la satisfaction de certaines propriétés (comme la véracité) offre de nouvelles voix dans l'exploration et la définition de mécanismes d'enchères s'appuyant sur des techniques autres comme l'optimisation [10,4]. En effet la conception de mécanismes rationnels pose des difficultés computationnelles [9,3] car les mécanismes d'allocation se situent dans la classe de complexité des problèmes difficiles [5]. Cela, de fait, ouvre la voie à

l'évaluation de mécanismes basée sur l'expérimentation et la simulation. C'est dans cet esprit que la compétition annuelle *Market Design Tournament – Trading Agent Competition* a eu lieu de 2007 à 2011. Cette simulation décrit le fonctionnement d'acheteurs et vendeurs et permet à différents compétiteurs de faire concourir leur place de marché. Chaque marché appelé aussi *spécialiste* est basé sur un mécanisme adaptatif d'enchères doubles [2]. Les acheteurs et vendeurs peuvent basculer d'un spécialiste à l'autre et ces derniers doivent donc offrir la plus grande attractivité, par exemple en termes de profit, auprès des acheteurs et vendeurs. Le système simulé est donc extrêmement complexe : acheteurs, vendeurs et spécialistes pouvant avoir des comportements non seulement multiples (eg : deux vendeurs se comportent différemment) mais aussi variables (eg : un spécialiste peut changer son comportement en fonction des ordres d'achat et de ventes qui lui sont soumis). La rationalité est donc à chercher ailleurs que dans les propriétés classiques de rationalité énoncées précédemment. La qualification d'un comportement comme étant rationnel doit se faire par des moyens autres ; typiquement des métriques. Ces métriques, dans le contexte du Market Design Tournament, vont montrer pour un spécialiste sa capacité à prédire l'exécutabilité d'un ordre, à analyser le comportement des acheteurs et des vendeurs et à adapter son comportement en fonction du résultat de cette analyse.

Le modèle pour la compétition *Market Design-Trading Agent* (MD-TAC) décompose le fonctionnement du marché en différentes étapes comme l'illustre la figure 4.

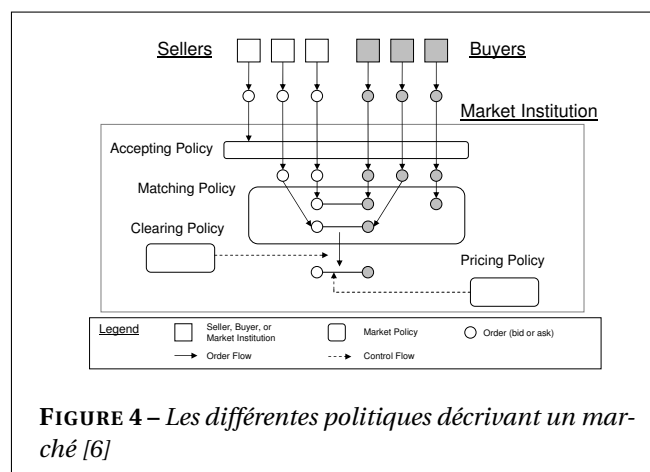


FIGURE 4 – Les différentes politiques décrivant un marché [6]

Chaque étape se caractérise par un ensemble de règles décrivant une *politique*. Chacune de ces politiques a pour rôle de traiter les ordres soumis par les acheteurs et vendeurs. Tous les ordres sont supposés porter sur le même bien et dans une quantité unitaire. Le but est de concevoir différentes politiques pour construire un marché électro-

nique ; le comportement des acheteurs et vendeurs est donc simulé par la plateforme MD-TAC.

Politique d'acceptation (accepting policy) Cette politique a pour objectif d'évaluer si le spécialiste peut effectivement traiter l'ordre soumis. Autrement dit, cette politique a pour but d'évaluer si le prix de vente ou d'achat soumis permet ou permettra un appariement. Cette politique a un impact fort sur le comportement des acheteurs et vendeurs : accepter un ordre et ne pas le traiter ensuite implique une diminution de la *satisfaction* de celui-ci. Cette notion de satisfaction est déterminante dans le fait qu'un agent va poursuivre son usage d'un spécialiste ou au contraire en changer. L'acceptation est un élément clef de la satisfaction de même que le profit obtenu par un agent.

Politique d'appariement (matching policy) Cette politique a pour but d'apparier les ordres d'achat et de vente qui ont été préalablement acceptés.

Politique de liquidation (clearing policy) Cette politique a pour objectif de déterminer quand la liquidation (exécution de l'achat et de la vente) doit être exécutée. Ainsi un ordre peut être exécuté dès son acceptation (liquidation continue) ou être mis en attente afin d'avoir plus de choix pour procéder à l'appariement (liquidation périodique).

Politique de prix (pricing policy) Cette politique a pour but de déterminer à quel prix doit être effectuée la liquidation. Tous les ordres peuvent être liquidés au même prix ou au contraire appliquer un prix spécifique pour chacun d'eux. Elle détermine le profit que fera un agent acheteur ou vendeur.

Chaque spécialiste a donc ses propres politiques et la complexité induite implique qu'il est inaccessible de caractériser formellement le comportement global du système. Nous appuyant sur ce modèle, nous avons abordé la caractérisation des comportements collectifs selon cette nouvelle perspective de l'expérimentation.

Dans un premier temps, nous avons établi un ensemble de métriques permettant d'évaluer un spécialiste et les politiques utilisées par celui-ci. Dans [6], nous avons proposé d'évaluer le comportement d'un spécialiste et des politiques mises en œuvre à l'aide d'indicateurs comme le *Revenu global* (montant total des transactions liquidées et des profits induits) ou *Nombre de transactions effectuées* (métrique mesurant la fluidité du marché).

La simulation a ainsi montré qu'un spécialiste utilisant une politique d'appariement maximisant le nombre de transactions produit des revenus comparables à ceux produits par un spécialiste utilisant l'appariement à l'équilibre (appariement censé maximiser les revenus). Cela s'explique

par le fait qu'augmenter le nombre de transactions a pour effet d'augmenter les soumissions d'ordres par les acheteurs et vendeurs. Ce travail met donc en exergue l'importance de l'environnement dans la modélisation d'un système, à savoir dans notre contexte le comportement des acheteurs et vendeurs simulés par la plateforme. En effet, même si formellement la rationalité de la politique d'appariement peut être évaluée à un instant t , prendre en compte la dynamique de la simulation et donc du comportement des acheteurs et vendeurs conduit à relativiser cette rationalité : celle-ci n'a d'intérêt que si les agents acheteurs et vendeurs impliqués dans la marché sont eux-même rationnels ; or cet aspect ne peut être maîtrisé.

Dans [11], nous avons proposé un cadre général où le spécialiste mesure le comportement général des agents vendeurs et acheteurs. Ces mesures sont fondées sur un principe de stabilité des prix. Nous avons ainsi montré qu'il était possible de distinguer différents profils d'acheteurs et vendeurs, et d'identifier les agents ayant un comportement rationnel. Nous avons, sur cette base, proposé une nouvelle approche de la conception de mécanismes de marché dans le cadre de la compétition TAC-MD. Cette approche a pour principe de constamment déterminer quel est l'assemblage de différentes politiques le plus pertinent en fonction du profil des agents acheteurs et vendeurs.

L'agent *Jackaroo* est le spécialiste conçu par l'équipe commune University of Western Sydney (Australia)-LILaC, équipe qui a participé de 2008 à 2011 à la compétition TAC-MD. Chaque année participe environ dix équipes à la compétition.

- *Juillet 2011* : vainqueur
- *Octobre 2010* : deuxième
- *Juillet 2009* : vainqueur
- *Juillet 2008* : troisième

Conclusion

A l'aide de cet exemple concernant les mécanismes d'enchères doubles, nous avons montré que la conception de mécanismes pouvait être abordé selon deux perspectives : une approche axiomatique qui a pour avantage d'offrir une évaluation précise des propriétés et donc d'obtenir un mécanisme au comportement prévisible mais au prix d'un environnement très contraint ; une approche expérimentale qui a pour avantage de permettre la conception de mécanismes pour des environnements très complexes mais dont le comportement de ces mécanismes ne peut être que partiellement prévisible.

Trouver un équilibre entre les deux n'est pas aisé. Si nous souhaitons prendre en compte le fait que les agents

impliqués dans un mécanisme d'enchère soient autonome, cela implique d'aborder la spécification des agents de manière flexible en donnant à ceux-ci les moyens de *raisonner* sur les mécanismes décrivant les marchés afin que l'agent puisse prédire le comportement d'un marché. C'est cet objectif que nous sommes actuellement en train de traiter.

Bibliographie

- [1] Avrim Blum, Tuomas Sandholm, and Martin Zinkevich. Online algorithms for market clearing. *Journal of the ACM*, 53(5) :845–879, 2006.
- [2] K. Cai, E. Gerding, P. Mcburney, J. Niu, S. Parsons, and S. Phelps. Overview of cat : A market design competition version 2.0. Technical report, University of Liverpool, 2009.
- [3] V. Conitzer and T. Sandholm. Incremental mechanism design. In *Proc. of IJCAI'07*, pages 1251–1256, 2007.
- [4] F. Constantin and D. Parkes. Self-correcting sampling-based dynamic multi-unit auctions. In *Proc. of 10th ACM Conference on Electronic Commerce (EC'09)*, pages 89–98, 2009.
- [5] Constantinos Daskalakis, Paul W. Goldberg, and Christos H. Papadimitriou. The complexity of computing a Nash equilibrium. In *Proceedings of the thirty-eighth annual ACM symposium on Theory of computing*, STOC '06, pages 71–78, New York, NY, USA, 2006. ACM.
- [6] Masabumi Furuhata, Laurent Perrussel, Jean-Marc Thévenin, and Dongmo Zhang. Experimental market mechanism design for double auction. In Springer-Verlag, editor, *Proc. of AI Australasian Conference (AI'09)*, LNAI, Melbourne, 2009.
- [7] Theodore Groves. Incentives in teams. *Econometrica*, 41(4) :617–31, July 1973.
- [8] Paul Klemperer. Auction theory : A guide to the literature. *Journal of Economic Surveys*, 13(3) :227–286, July 1999.
- [9] N. Nisam, T. Roughgarden, E. Tardos, and V. Vazirani, editors. *Algorithmic Game theory*. Cambridge University Press, 2007.
- [10] D. Parkes and Q. Duong. An ironing-based approach to adaptative online mechanism design in single-valued domains. In *Proceedings of AAAI'07*, volume 1, pages 94–101, 2007.
- [11] Dengji Zhao, Dongmo Zhang, and Laurent Perrussel. How to Make Specialists NOT Specialised in TAC Market Design Competition? Behaviour-based Mechanism Design. In *Proc. of EC-Web*, 2011.

Choix Social Computationnel

Dans cet article, nous donnons un bref aperçu du « choix social computationnel », un domaine de recherche à l'interface entre une branche de l'économie mathématique et l'informatique.

- Nicolas Maudet – nicolas.maudet@lip6.fr
- LIP6, Université Pierre et Marie Curie
- <http://www-poleia.lip6.fr/~maudetn/>

Personnes concernées

- Réseau européen COST IC1205
<http://www.illc.uva.nl/COST-IC1205/>
- Série de workshop COMSOC
<http://www.illc.uva.nl/COMSOC/>
- Handbook of Computational Social Choice, édité par F. Brandt, V. Conitzer, U. Endriss, J. Lang, et A. Procaccia, Cambridge University Press, à paraître.

Un champ thématique large

En choix social, l'objectif est de manière générale le choix d'une option par un ensemble d'individus (ou agents). Ainsi, dans un problème de vote, un groupe d'individus exprime des préférences sur des candidats (par exemple par un ordre linéaire), et on cherche typiquement à identifier un candidat vainqueur. Par exemple, le critère de Condorcet consiste à sélectionner l'option qui bat toutes les autres, en comparaison par paire, à la majorité. Malheureusement une telle option n'existe pas nécessairement. De nombreuses règles de vote existent (certaines garantissent d'élire le vainqueur de Condorcet lorsqu'il existe, d'autres reposent sur des principes différents, comme par exemple la règle de Borda qui attribue des points décroissants aux candidats selon leur rang dans l'ordre de préférence). Dans un problème de partage [9], les agents expriment des préférences sur des lots ou des portions de ressources qu'ils peuvent obtenir, et on cherche une répartition « satisfaisante » de ressources à ces agents (par exemple, efficace et/ou équitable).

Si l'analyse mathématique de ces problèmes a une histoire de plusieurs centaines d'années, ce sont essentiellement les travaux de Arrow [3] qui initient la théorie moderne du choix social [20]. Pour une perspective informatique sur ces questions, on peut citer deux papiers de Bartholdi, Tovey et Trick [4,5] comme fondateurs, avec l'analyse algorithmique de procédures de vote (certaines s'avérant difficile à calculer ou à manipuler — voir plus bas), ou encore les travaux d'Olivier Hudry et de ses collègues, sur le calcul d'ordres médians, également depuis la fin des an-

nées 80 [17]. Parallèlement, les travaux autour du *matching* étudient depuis longtemps les aspects algorithmiques de problèmes d'appariement (voir les travaux de Knuth sur les mariages stables, par exemple), et forment une communauté à part entière. Ce sont là quelques exemples de thématiques étudiées en choix social computationnel, mais le champ couvert est plus large encore, et (pour reprendre la structure du réseau COST cité plus haut) on peut également citer l'*aggrégation d'information* avec en particulier l'aggrégation de *jugements*, exprimés sous forme de formules logiques.

Les outils employés empruntent à l'I.A., à l'informatique théorique, à la recherche opérationnelle, à la logique, à l'économie mathématique (citons en particulier : complexité algorithmique, algorithmique, complexité de communication, théorie des jeux, méthodes de preuve automatique, approches axiomatiques, représentation des connaissances et des préférences, simulation multi-agents, études de terrain).

Quelques exemples de questions abordées

Pour illustrer la richesse des problèmes abordés, voici un petit catalogue (pas exhaustif, mais j'espère assez représentatif) reprenant et mettant à jour certains exemples de [10].

Complexité du calcul, approximation Comme nous l'avons indiqué, c'est une des questions qui a initié le domaine, avec la découverte du fait que certaines règles de vote sont difficiles à calculer, comme celle de Dodgson (plus connu sous le nom de Lewis Carroll) qui consiste à déclarer vainqueur d'une élection le candidat le plus proche d'être un vainqueur de Condorcet, au sens de la minimisation du nombre d'échanges de candidats adjacents nécessaire dans les ordres de préférences. Depuis, les recherches se sont penchées sur l'identification exacte de la complexité de certaines règles [17], la proposition d'algorithmes d'approximation, ou encore le confinement à certains paramètres d'entrée avec la complexité paramétrée.

De même, les problèmes de partage soulèvent de très épineuses questions algorithmiques [8].

Manipulation Moins connu que celui d'Arrow, le théorème de Gibbard-Sattherwaite [16,21] est un autre pilier de la théorie moderne du choix social : pour le dire simplement, il exprime qu'aucune règle de vote (si non dictatoriale) n'est résistante à la manipulation de la part des agents, c'est-à-dire au fait que ceux-ci peuvent avoir intérêt à exprimer des préférences non sincères pour obtenir un résultat qui leur soit plus favorable. Ici, la découverte de la difficulté algorithmique du calcul de telles manipulations [5] est plutôt une bonne nouvelle, une barrière calculatoire qui peut s'avérer efficace pour des agents dotés de capacités limitées. Mais il faut garder à l'esprit que ces résultats établissent la complexité dans le pire des cas, il est donc légitime de se demander si les règles sont difficiles à manipuler en pratique [14,15]. Une question spécifique qui a intéressé la communauté est celle de la difficulté (au sens NP-difficulté) de manipuler la règle de Borda pour un groupe d'agents : elle fut établie par deux articles publiés de manière indépendante [6,13].

Information incomplètes, communication Dans un contexte où les informations préférentielles ne sont pas complètement spécifiées, il est possible de recourir à plusieurs approches : calculer malgré tout une solution, par exemple la plus « prometteuse », en un sens à définir (on peut commencer par identifier les solutions *possiblement* satisfaisantes, c'est-à-dire en supposant une complétion favorable des préférences). On peut également chercher à compléter l'information dont on dispose, ce qui suppose de poser les bonnes questions aux bons agents si l'on souhaite minimiser les échanges. Dans le pire des cas, des résultats de complexité de communication donnent des bornes sur la quantité minimale d'information dont on doit disposer pour déterminer un vainqueur [12], déterminer une allocation satisfaisante, etc.

Représentation compacte des préférences Lorsque les agents doivent exprimer des préférences sur des structures combinatoires (par exemple, dans le cas de votes portant sur un ensemble de sujets, comme les référendums multiples), ou dans le cadre du partage de biens indivisibles, il est possible (et parfois nécessaire, en pratique) de recourir à des langages de représentation compacte des préférences, qui vont exploiter la structure du domaine (par exemple, l'indépendance préférentielle de certaines variables) afin d'éviter de s'exprimer exhaustivement sur l'ensemble du domaine. On peut par exemple citer dans un cadre

ordinal le modèle des CP-nets [7], qui permet d'exprimer des préférences conditionnelles de type « si le temps est beau, alors je préfère prendre le vélo plutôt que le métro pour me rendre au travail », toute chose (par exemple, à charge de sac) égale par ailleurs. Ou encore la grande famille de langages basés sur la logique. Les procédures de vote ou de partage prenant de telles préférences en entrée doivent alors réexaminées, voir par exemple [18].

Procédures distribuées et itérées Enfin, les contextes où les procédures opèrent de manière distribuée et/ou itérative sont de plus en plus nombreuses. On peut citer des approches distribuées d'allocation de ressources, reposant sur des échanges locaux entre agents [11], ou encore des types d'élection, informels, permettant de réviser son vote (avec éventuellement certaines contraintes) en ayant connaissance de l'état actuel des autres votes exprimés [19]. Dans ce cas se posent des questions de convergence, selon des dynamiques classiques (par exemple de meilleures réponses, qui supposent une réaction améliorante à la situation actuelle). On peut vouloir garantir l'atteinte de résultats satisfaisant en dépit de tels comportements localement rationnels, et de contraintes sur les dynamiques étudiées.

Conclusion

Ce bref aperçu a essentiellement pour objectif de motiver le lecteur curieux à se référer à l'un des articles de synthèse cités pour obtenir des approfondissements. Si cela n'apparaît pas nécessairement dans les exemples cités plus haut, il faut aussi mentionner que des procédures issues de la communauté informatique peuvent être analysées avec des outils issus de l'économie (voir par exemple l'axiomatisation des systèmes de classement comme PageRank [2]). En complément, notons enfin qu'il est possible de tester et d'utiliser certaines de ces notions en ligne. Avec la plateforme Whale (de Sylvain Bouveret, voir <http://whale3.noiraudes.net/whale3/>), il est possible d'utiliser, de comparer, et de visualiser les résultats de nombreuses règles de vote. Avec la plateforme Spliddit (de Ariel Procaccia, voir <http://www.spliddit.org/>), vous pourrez tester et calculer les solutions proposées par différentes procédures de partage équitable.

Bibliographie

- [1] Median linear orders : Heuristics and a branch and bound algorithm. *European Journal of Operational Research*, 42(3) :313 – 325, 1989.

- [2] A. Altman and M. Tennenholtz. Ranking systems : The PageRank axioms. In *Proceedings of EC-2005*, 2005.
- [3] K. Arrow. *Social Choice and Individual Values*. John Wiley and Sons, 1951. 2nd edition 1963.
- [4] J.J. Bartholdi, C.A. Tovey, and M.A. Trick. The computational difficulty of manipulating an election. *Social Choice and Welfare*, 6(3) :227–241, 1989.
- [5] J.J. Bartholdi, C.A. Tovey, and M.A. Trick. Voting schemes for which it can be difficult to tell who won the election. *Social Choice and Welfare*, 6(3) :157–165, 1989.
- [6] Nadja Betzler, Rolf Niedermeier, and Gerhard J. Woeginger. Unweighted coalitional manipulation under the borda rule is np-hard. In *IJCAI 2011, Proceedings of the 22nd International Joint Conference on Artificial Intelligence, Barcelona, Catalonia, Spain, July 16-22, 2011*, pages 55–60, 2011.
- [7] C. Boutilier, R. Brafman, C. Domshlak, H. Hoos, and D. Poole. CP-nets : a tool for representing and reasoning with conditional *ceteris paribus* statements. *Journal of Artificial Intelligence Research*, 21 :135–191, 2004.
- [8] S. Bouveret and J. Lang. Efficiency and envy-freeness in fair division of indivisible goods : logical representation and complexity. In *Proceedings of IJCAI-2005*, 2005.
- [9] S. J. Brams and A. D. Taylor. *Fair Division — From cake-cutting to dispute resolution*. Cambridge University Press, 1996.
- [10] Yann Chevaleyre, Ulle Endriss, Jérôme Lang, and Nicolas Maudet. A short introduction to computational social choice. In *Proceedings of the 33rd Conference on Current Trends in Theory and Practice of Computer Science (SOFSEM-2007)*, volume 4362 of LNCS, pages 51–69. Springer-Verlag, January 2007. Survey paper to go with J. Lang’s invited talk.
- [11] Yann Chevaleyre, Ulle Endriss, and Nicolas Maudet. Simple negotiation schemes for agents with simple preferences : sufficiency, necessity and maximality. *Autonomous Agents and Multi-Agent Systems*, 20(2) :234–259, 2010.
- [12] V. Conitzer and T. Sandholm. Communication complexity of common voting rules. In *Proceedings of EC-2005*, 2005.
- [13] Jessica Davies, George Katsirelos, Nina Narodytska, and Toby Walsh. Complexity of algorithms for borda manipulation. In *Proceedings of the Twenty-Fifth AAAI Conference on Artificial Intelligence*, 2011.
- [14] Piotr Faliszewski, Edith Hemaspaandra, and Lane A. Hemaspaandra. Using complexity to protect elections. *Commun. ACM*, 53(11) :74–82, 2010.
- [15] Piotr Faliszewski and Ariel D. Procaccia. Ai’s war on manipulation : Are we winning? *AI Magazine*, 31(4) :53–64, 2010.
- [16] A. Gibbard. Manipulation of voting schemes. *Econometrica*, 41 :587–602, 1973.
- [17] Olivier Hudry. Voting procedures, complexity of. In *Encyclopedia of Complexity and Systems Science*, pages 9942–9965. 2009.
- [18] J. Lang. Logical preference representation and combinatorial vote. *Annals of Mathematics and Artificial Intelligence*, 42(1) :37–71, 2004.
- [19] Reshef Meir, Maria Polukarov, Jeffrey S. Rosenschein, and Nicholas R. Jennings. Convergence to equilibria in plurality voting. In *Proceedings of the Twenty-Fourth AAAI Conference on Artificial Intelligence, AAAI 2010, Atlanta, Georgia, USA, July 11-15, 2010*, 2010.
- [20] Maurice Salles. La théorie du choix social : une introduction à quelques résultats fondamentaux. In Alain Leroux and Pierre Livet, editors, *Leçons De Philosophie Économique*.
- [21] M. Satterthwaite. Strategyproofness and Arrow’s conditions. *Journal of Economic Theory*, 10 :187–217, 1975.

Le réseau MAGECO

Le réseau MAGECO (Modèles à base d'AGents en ECONomie) porte sur l'utilisation des modèles et simulations multi-agents appliquée à l'étude des phénomènes économiques. Cette approche, appelée également ACE (Agent-Based computational Economics), se développe depuis le début des années 2000 dans plusieurs pays et concerne tous les domaines de l'économie⁴. MAGECO vise à créer le premier réseau fédérateur ACE en France.

- Jean-Daniel KANT jean-daniel.kant@lip6.fr,
- UPMC – LIP6 – 4 place Jussieu, 75005 Paris
- <http://mageco.lip6.fr>

Organisateurs

- Jean-Daniel Kant, Maître de conférences en informatique de l'Université Pierre et Marie Curie - Paris 6
- Gérard Ballot, Professeur en Sciences économiques de l'Université Panthéon-Assas - Paris 2

Objectifs du réseau

L'utilisation de systèmes multi-agents (SMAs) pour la modélisation en économie suscite aujourd'hui de plus en plus d'intérêt auprès des décideurs et des jeunes économistes. Au moins trois types de facteurs ont milité pour la création d'un réseau français ou communauté dans ce domaine.

En premier, face à l'incapacité assez généralement reconnue des modèles macroéconomiques de prévoir ou même d'analyser la crise financière actuelle, l'ancien directeur de la Banque Centrale Européenne, Jean-Claude Trichet a appelé en 2010 au développement de nouveaux modèles macroéconomiques à base d'agents interactifs⁵. Les organismes nationaux ayant à effectuer des prévisions et à proposer des politiques économiques utilisent déjà des modèles de microsimulation caractérisés par la diversité des situations des agents et l'exploitation de bases de données de grande taille. Toutefois seuls les effets directs de mesures prises par les institutions sont modélisés. Les comportements de décision des agents en réaction à ces mesures ne sont pas modélisés. A fortiori les bouclages en termes de marché ou au niveau macroéconomique ne sont pas étudiés. Les effets des politiques sont donc biaisés profondément. Toutefois ces organismes sont maintenant ouverts à la discussion pour un passage progressif vers des modèles à base d'agents actifs et dotés de comportement pourvu que les modèles deviennent suffisamment détaillés et calibrés

pour des applications pratiques. La capacité à prendre en compte des institutions de manière détaillée, incluant des éléments juridiques (e.g. code du travail), est un point très fort des modèles à base d'agents, tout comme la possibilité de modéliser des interactions complexes. Ainsi, les modèles à base d'agents ont vocation à devenir un outil essentiel dans la conception des politiques économiques.

Le second facteur est que les jeunes doctorants, en quête de méthodes, sont attirés par cet outil pour analyser le phénomène économique qu'ils veulent étudier, s'apercevant des limites trop simplificatrices des modèles analytiques. Par contre, en France, et ceci est le troisième facteur important, très peu d'économistes expérimentés travaillent dans ce domaine, et surtout ils sont très dispersés.

Ces trois facteurs ont convaincu Gérard Ballot et Jean-Daniel Kant que le moment était venu d'essayer de former une communauté sur ce domaine, à savoir la modélisation à base d'agents dans le champ de l'économie. Les chercheurs concernés ne sont par contre pas seulement des économistes, mais aussi au premier chef des informaticiens, et enfin des chercheurs en sciences sociales (sociologues, psychologues, géographes...) qui travaillent sur les phénomènes économiques. Cette diversité des disciplines dans le réseau actuel est un quatrième facteur gage de progrès.

Résumé des activités 2013-2014

L'ensemble des activités du réseau MAGECO est décrit sur notre site dédié <http://mageco.lip6.fr>. Le réseau MAGECO a reçu l'appui financier du Réseau National des Systèmes Complexes en 2014.

Une première journée d'études a été organisée le 14 juin 2013. Celle-ci a réuni à l'UPMC une trentaine de participants (de plusieurs régions de France). Elle a permis de

4. Pour une présentation assez complète de ce domaine, voir par exemple : <http://www2.econ.iastate.edu/tesfatsi/ace.htm>

5. in *Agent-based modelling dispenses with the optimisation assumption and allows for more complex interactions between agents. Such approaches are worthy of our attention..* J.-C. Trichet, in reflections on the nature of monetary policy non standard measures and finance theory, 6th ECB central banking conference, 18-19 november 2010.

présenter un premier état de la recherche ACE en France, autour de 8 contributions sur des thèmes variés :

- Macroéconomie : finance, analyse postkeynésienne
- Marchés : production, marché du travail, contrats
- Entreprises : réseaux d'innovation, organisation et culture
- Méthodologie : implémentation des modèles sur GPU

A la suite de cette journée, nous avons décidé d'organiser des ateliers, organisés en deux phases : une présentation de papiers en cours, et une table ronde sur un thème lié à l'ACE.

L'atelier du 11 octobre 2013 a permis la présentation de deux papiers traitant de la dynamique industrielle et les questions de régulation associées, et un sur la macroéconomie monétaire. Nous avons ensuite discuté du problème délicat de l'"agentification" des modèles économiques, à savoir comment passe-t-on d'un modèle économique à un modèle multi-agents correspondant. Ceci soulève de nombreuses questions qui sont au cœur des préoccupations de MAGECO :

- Comment modéliser un phénomène économique avec un SMA ? Comment choisir les agents (quelle complexité / rationalité, connaissances, quel modèle cognitif,...) ? Comment définir leurs interactions (modes, réseaux,...) ?
- Comment contrôler un modèle ACE ? Il y a souvent de nombreux agents en interaction. Comment les observer ? les visualiser ? les analyser ?
- Comment valider un modèle ACE ? Avec des données (si oui comment ? calibration ?) ? Faits stylisés ? Approche normative ?
- Problèmes d'implémentation : outils ? plateformes ? Mise en commun ? Problématiques des calculs : précision, générateurs aléatoires, parallélisation,...

Un des objectifs de MAGECO est de discuter de ces questions essentielles pour le développement de l'approche ACE et d'essayer de proposer des solutions communes.

Le deuxième atelier a eu lieu le 7 février 2014. Il a permis de présenter deux travaux sur les marchés : un sur la dynamique des prix et la fragilité financière, et l'autre sur différentes formes de marché d'enchères et négociations. La table ronde a abordé la question de la validation des modèles ACE, avec une discussion sur la microfondation de ces modèles (dans quelle mesure un modèle rend-il compte des comportements au niveau microéconomique) et un sur des techniques d'exploration de paramètres dans la phase de calibration d'un modèle. Nous sommes loin d'avoir épuisé ce sujet de la validation, et d'autres séances y seront consacrées, en particulier en étudiant l'apport de l'économétrie pour les modèles ACE.

La prochaine conférence annuelle aura lieu en novembre 2014.

Lien avec les problématiques en Intelligence Artificielle

La démarche ACE met au centre les SMAs qui font partie intégrante de l'IA. En dehors des SMAs, plusieurs domaines de l'IA (ou connexes) peuvent être mis à contribution :

- l'apprentissage (mono ou multi-agents) car nos agents ont besoin d'être adaptatifs vis à vis des changements de leur environnement
- la modélisation cognitive : quel cognition pour les agents (décision, raisonnement, planification,...) ?
- la modélisation sociale : quelles interactions entre les agents ?
- l'optimisation multi-critères : pour la calibration automatique afin de fixer les paramètres du modèle qui représentent au mieux des données, des techniques issues de l'optimisation sont nécessaires, par exemple à base d'algorithmes évolutionnaires.

Economie Cognitive, IA et modèles AB : le réseau MEO-SMASH

Le réseau RNSC "MEO-SMASH" concerne les aspects méthodologiques, épistémologiques et ontologiques (MEO) de la modélisation à base d'agents (AB) et à la simulation par SMA en SHS. Les questions de "l'économie cognitive" (plus largement de l'action humaine en société) demandent une coopération interdisciplinaire entre chercheurs où l'IA doit prendre toutes place.

- Denis PHAN – dphan@msh-paris.fr
- GEMASS
- <http://www.gemass.fr/dphan/meo-smashs>

Comité de pilotage initial du réseau

- Jacques Ferber (LIRMM, CNRS/Université de Montpellier)
- Pierre Livet (CEPERC, CNRS/Université de Provence)
- Jean-Pierre Müller (CIRAD)
- Denis Phan (GEMASS, CNRS/Université Paris-Sorbonne)
- Juliette Rouchier (LMSADE, CNRS/Université Paris Dauphine)
- Lena Sanders (Géographie-cités, CNRS/Université Paris 1 & 7)
- Christophe Sibertin-Blanc (IRIT, CNRS/Université Toulouse 1)
- Franck Varenne (GEMASS, CNRS/Université Paris-Sorbonne)
- Roger Waldeck (Telecom-Bretagne)

Le réseau RNSC "MEO-SMASH"

Le réseau RNSC "MEO-SMASH" a pour objet de discuter de questions Méthodologiques, Epistémologiques et Ontologiques (MEO) relatives à la modélisation à base d'agents (ABM) et de la simulation par SMA de systèmes complexes appliqués aux SHS [1,19]. Les questions de "l'économie cognitive" et plus largement de l'action humaine en société, modélisées dans un cadre conceptuel "à base d'agent" appellent une coopération interdisciplinaire entre chercheurs des SHS (économie, mais aussi sociologie, et psychologie en particulier) philosophes de l'action et de la socialité, et les spécialistes des systèmes complexes, en particulier en systèmes multi-agents, robotique et Intelligence Artificielle.

Cognition, agentivité et socialité

Le programme de recherche de l'économie cognitive [37,21,2] a posé de manière claire la question de la double dimension des phénomènes cognitifs en économie : au niveau individuel avec le programme "cognitif" et au niveau collectif avec le programme "évolutionniste". En simulation

à base d'agents Vriend a qualifié ces approches d'apprentissages individuel et collectifs. Au niveau individuel, les agents sont dotés de croyances révisables [14], forment des anticipations, perçoivent des informations et agissent. Plus récemment, on a pu insister sur le rôle des émotions dans la cognition [14,10] en particulier dans les aspects moraux [13,31,23,36]. Au niveau collectif, les approches évolutionnistes mettent plutôt l'accent sur le rôle des interactions entre les agents, en particulier à travers des structures résilientes spécifiques [28]. Mais l'économie est une science sociale, et les aspects cognitifs des transactions économiques doivent être rattachés à un contexte sociologique plus large, par exemple avec un rapprochement avec les programmes de la sociologie cognitive [3] ou de la sociologie analytique [9] qui ont également donné lieu à des développements au moyens de modèles AB [34]. S'il s'agit de deux directions de recherche complémentaires, celles-ci ont en général été développées de manière séparée par des communautés de chercheurs différents. La modélisation AB et la simulation par SMA permettent d'intégrer ces deux approches [22]. Nous considérons que les concepts d'émergence et de détection jouent un rôle central dans la mise en complémentarité de ces deux dimensions [6,5,4,16,25].

L'intérêt pour les acteurs économiques, leur formes de rationalité, leurs croyances et leur insertion sociale a pu amener les informaticiens et spécialistes de sciences cognitives à s'interroger sur la formalisation d'agents cognitifs et intentionnels dans leur contexte social [12,35]. Ainsi, dans le domaine conceptuel de modélisation ABM, les informaticiens ont conçu des architectures d'agents d'inspiration largement anthropomorphique, en liaison avec les domaines de l'intelligence artificielle et de la robotique. Dans cette perspective, les "actions" d'un agent peuvent être motivées par des objectifs, conditionnées par des ressources, des capacités et l'information disponible (Ferber dans [1,7]). Certains se sont inspirés de la philosophie analytique de l'action (Davidson, Bratman, Dennett, voir [15]) dans le cadre du "paradigme BDI" (pour Belief, Desire, Intention, cf. Georgieff et al.) et proposent également des principes de com-

munication, d'apprentissage et de raisonnement pour les agents artificiels.

Des modèles de conception pour l'organisation externe de l'activité des agents d'inspiration sociologique ont été introduits (comme les architecture fonctionnaliste AGR et AGRE [8,7]) - voir aussi les contributions Sibertin-Blanc dans [30] en particulier [33]. Plus récemment, une vision intégrative de la modélisation de "sociétés" d'agents a été introduite par Ferber (voire aussi [30]), dans laquelle les différentes perspectives s'intègrent. Dans ce cadre, nous nous sommes intéressés à l'émergence de croyances "sociales", à la base des normes sociales. Nous avons posé la question de l'émergence du sens d'une règle, dans un contexte d'information incomplète et d'un système de règle et d'usages préexistant : "Dans le contexte des usages existants, liés aux règles antérieures, les termes d'une règle induisent des stratégies individuelles qui se traduisent par des pratiques, qui ne sont pas encore des usages en tant que tels. Ceux-ci seront alors le résultat émergeant de ces pratiques, vu par un observateur extérieur ou par des acteurs réflexifs de ce processus" [29].

Si l'on adopte un modèle intentionnaliste de l'action, qui serait en grande partie ou en totalité fondée sur des "raisons d'agir individuelles" se pose alors la question de l'intégration sociale des phénomènes cognitifs individuels [27]. Les approches à base d'agent ne peuvent faire l'impasse sur ces questions (cf. par exemple les travaux de Castelfranchi et [26,25]). Parmi les questions particulièrement intéressantes qui se posent alors, on trouve celles de l'action collective [11] avec par exemple l'intentionnalité collective (ou partagée). Posée initialement par les philosophes de l'action (Searle, Gilbert, Bratman, Tumoela...), elle l'a été également par les économistes dans le cadre de la théorie des jeux (Bacharach, Gold, Sugden...), comme par l'ontologie informatique et l'ingénierie des connaissances [32]. Les formes d'intentionnalité plurielles ou "nous-intention" discutées par ces approches considèrent que les déterminants de l'action collective intentionnelle ne sont pas réductibles à une simple agrégation d'intentions individuelles, mais contiennent une dimension irréductiblement collective. Mais le "nous" peut désigner un mode particulier d'intentionnalité individuelle ou la participation à une agentivité collective de portée extra individuelle. Toutes ces questions qui concernent toute activité économique, mais aussi plus l'argent l'activité humaine en société relèvent de l'ontologie sociale [18,17] et passent nécessairement par une étude des phénomènes cognitifs, qui appelle à une coopération entre disciplines : SHS, philosophes, informaticiens spécialistes de SMA, ingénierie des modèles, robotique et d'intelligence artificielle.

Le projet du réseau MEO-SMASH

Depuis quelques années, après les écoles thématiques CNRS de Porquerolles en 2005 et de La Londe les Maures en 2007 [1,27] le groupe formé par les membres initiaux du comité de pilotage du réseau MEO-SMASH (Ferber, Livet, Müller, Phan, Rouchier, Sanders, Sibertin-Blanc, Varenne, Waldeck) échange sur ces sujets, en particulier à travers des participations à divers projets ANR utilisant la modélisation à base d'agents. Sur la base de notre expérience il est apparu que le processus de modélisation, souvent interdisciplinaire, pose de nombreuses questions de méthode, en particulier pour confronter les multiples points de vue des chercheurs [20], spécialement en ce qui concerne les cadres conceptuels d'arrière plan, structurés (souvent de manière implicites) par des considérations épistémologiques et par les méthodes en usages dans les disciplines. Notre objectif est de fournir un cadre conceptuel MEO multi-point de vue, susceptible de servir de médiateur entre les chercheurs engagés dans de telles recherches.

Notre projet à moyen terme est de construire une communauté interdisciplinaire associant informaticiens, modélisateurs et chercheurs SHS autour des questions MEO sur le thème de la modélisation à base d'agents et de la simulation par SMA de systèmes complexes appliqués aux SHS. A court terme, il s'agit de discuter entre nous et avec des spécialistes SHS, Systèmes Complexes, ainsi que de diverses disciplines de l'informatique, en particulier SMA et IA, du contenu de notre livre collectif "Ontologies pour la modélisation par SMA en SHS" [26] afin de co-construire une version anglaise plus intégrative entre les points de vue des informaticiens, les questions MEO-SHS, les phénomènes cognitifs et l'étude des systèmes complexes, en vue de publication. Cet ouvrage qui capitaliserait les savoirs français dans ce domaine devrait (1) permettre de mieux faire connaître l'originalité de notre démarche (émergence, modélisation multi-points de vue, architectures SMA et concepts ABM pour SHS) à l'étranger et (2) de transmettre ce savoir aux plus jeunes chercheurs. C'est pour ce travail que l'apport de spécialistes d'IA seraient bienvenu. A plus long terme, il s'agit de former de jeunes chercheurs pour prendre la relève dans le domaine considéré.

Pour atteindre ces objectifs, Nous allons réunir autour du groupe formé par le comité de pilotage initial un certain nombre de chercheurs intéressés par notre approche. Chercheurs SHS, philosophes, et surtout chercheurs en intelligence artificielle intéressés par les questions qui ont été évoquées, que ce soit au niveau individuel (agentivité, croyances et raisons d'agir, formes de la cognition et de la décision, y compris les interactions de ces formes avec les émotions) ou au niveau collectif (formation des objets so-

ciaux croyances, règles et institutions, action et/ou intentionnalité collective, agentivité partagée, engagements réciproques etc..).

Bibliographie

- [1] F. AMBLARD and D. PHAN. *Modélisation et simulation multi-agents, applications pour les Sciences de l'Homme et de la Société*. Hermès-Lavoisier, Paris, (2006).
- [2] P. BOURGINE and J.P. NADAL. *Cognitive Economics*. Springer-Verlag, Berlin, (2004).
- [3] F. CLEMENT and L. KAUFMANN. *La Sociologie cognitive*. Editions de la Maison des sciences de l'homme, Paris, (1991).
- [4] J.L. DESSALLES, J. FERBER, and D. PHAN. *Emergence in multi-agent systems : review of conceptual and methodological issues for the application to the social sciences*, pages 255–299. Idea Group, Melbourne, (2008).
- [5] J.L. DESSALLES, J.P. MULLER, and D. PHAN. *Emergence in multi-agent systems : conceptual and methodological issues*, pages 327–356. The Bardwell Press, Oxford, (2007).
- [6] J.L. DESSALLES and D. PHAN. *Emergence in multi-agent systems : cognitive hierarchy, detection, and complexity reduction part I : methodological issues*, pages 147–159. Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems, vol. 564, Springer, Berlin, (2005).
- [7] J. FERBER and D. PHAN. *De l'individuel au collectif : essai d'ontologie de l'intersubjectivité dans les SMA*, pages 131–158. Hermès-Lavoisier, Paris, (2014).
- [8] J. FERBER, T. STRATULAT, and J. TRANIER. *Towards an Integral Approach of Organizations : the MASQ approach*, pages 51–75. IGI Global, Hershey, (2009).
- [9] P. HEDSTROM and P. BEARMAN. *The Construction of Social Reality*. Oxford University Press, Oxford, (2009).
- [10] A.P. KIRMAN, P. LIVET, and M. TESCHI. Rationality and emotions. *Philosophical transactions of the Royal Society B.*, 365 :2010, 215-219.
- [11] P. LIVET. *Les problèmes de constitution d'une action collective*, pages 259–281. PUF, Paris, (1997).
- [12] P. LIVET. *Action et Cognition en sciences sociales*, pages 269–316. PUF, Paris, (2001).
- [13] P. LIVET. *Emotions et rationalité morale*. PUF, collection sociologies, Paris, (2002).
- [14] P. LIVET. *Révision des Croyances*. Hermès-Lavoisier, Paris, (2002).
- [15] P. LIVET. *Qu'est-ce qu'une action ?* Vrin, Paris, (2005).
- [16] P. LIVET, J.P. MULLER, D. PHAN, and L. SANDERS. Ontology, a mediator for agent-based modeling in social science. *The Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 13(3) :[http ://jasss.soc.surrey.ac.uk/13/1/3.html](http://jasss.soc.surrey.ac.uk/13/1/3.html), (2010).
- [17] P. LIVET and F. NEF. *Les Etres sociaux : Processus et virtualité*. Hermann, Paris, (2009).
- [18] P. LIVET and R. OGIEIN. *L'enquête ontologique, du mode d'existence des objets sociaux*. Editions de l'EHESS, Raisons pratiques, n° 11, (2000).
- [19] P. LIVET, D. PHAN, and L. SANDERS. Diversité et complémentarité des modèles multiagents en sciences sociales. *à paraître dans la Revue Française de Sociologie*, (2014).
- [20] J.P. MULLER. *Les points de vue et leur modélisation*, pages 111–130. Hermès-Lavoisier, Paris, (2014).
- [21] A. ORLEAN. Le tournant cognitif en économie : croyances sociales et conventions. *Revue d'économie politique*, 112(5) :717–738, 2002.
- [22] D. PHAN. *From Agent-Based Computational Economics towards Cognitive Economics*, pages 371–398. Springer-Verlag, Berlin, (2004).
- [23] D. PHAN. *Other-dependent Preferences and Moral Sentiments in Cognitive Economics Models : First Steps Towards a More 'Generalised' Rational Choice Model*, pages 319–342. The Bardwell Press, Oxford, (2009).
- [24] D. PHAN. *Agentivité, rationalité et ontologie sociale : questions posées aux SHS par les modèles à base d'agents*, pages 313–372. Hermès-Lavoisier, Paris, (2014).
- [25] D. PHAN. *La modélisation AB et la simulation par SMA de sociétés d'agents intentionnels*, page A paraître. Editions materiologiques, Paris, (2014).
- [26] D. PHAN. *Ontologies pour la modélisation par SMA en SHS*. Hermès-Lavisier, Paris, (2014).
- [27] D. PHAN and F. AMBLARD. *Agent-based Modelling and Simulation in the Social and Human Sciences*. The Bardwell Press, Oxford, (2007).
- [28] D. PHAN and J. FERBER. *Emergence, croyances individuelles et croyances sociales*, pages 477–526. Hermès-Lavoisier, Paris, (2014).
- [29] D. PHAN, J. FERBER, L. LANA DE CARVALHO, and F. VARENNE. *Suivre une règle : pratiques individuelles et émergence sociale du sens*, pages 527–548. Hermès-Lavoisier, Paris, (2014).
- [30] D. PHAN, J. ROUCHIER, C. SIBERTIN-BLANC, and R. WALDECK. *Les marchés de biens*, pages 401–438. Hermès-Lavoisier, Paris, (2014).

- [31] D. PHAN and R. WALDECK. Social norms, emotions and cooperation in groups. In *CEF'08, 14th International Conference on Computing in Economics and Finance, Sorbonne, Paris, 26-28 juin, (2008)*.
- [32] E.H. ROBINSON. A theory of social agentivity and its integration into the descriptive ontology for linguistic and cognitive engineering. *International Journal on Semantic Web and Information Systems*, 7(4) :62–86, 2011.
- [33] C. SIBERTIN-BLANC and D. PHAN. *Une ontologie des systèmes à base d'agents (AB) : application du cadre conceptuel AROC à la modélisation*, pages 159–190. Hermès-Lavoisier, Paris, (2014).
- [34] F. SQUAZZONI. *Agent-Based Computational Sociology*. Wiley-Blackwell, Chichester, (2012).
- [35] F. VARENNE. *Modéliser le social, Méthodes fondatrices et évolutions récentes*. Dunod, Paris, (2011).
- [36] R. WALDECK. Segregated Cooperation. *JASSS : Journal of artificial societies and social simulation*, 16(4), octobre 2013.
- [37] B. WALLISER. *L'économie Cognitive*. Odile Jacob, (2000).

La plateforme de marchés financiers ATOM

ATOM est une plateforme de simulation de marchés financiers s'appuyant sur un système multi-agents. L'objectif de ce travail consiste à offrir aux expérimentateurs une éprouvette virtuelle la plus proche possible des marchés réels de type NYSE-Euronext. Elle est fournie sous la forme d'une API Java permettant de construire tout type d'expérience à base d'agents avec comportements à intelligence artificielle. Il est ainsi possible de tester des hypothèses sur les comportements, sur la micro-structure ou sur l'influence du monde extérieur.

- Philippe MATHIEU – philippe.mathieu@univ-lille1.fr,
- Equipe SMAC – LIFL UMR 8022 CNRS – Université de Lille
- <http://atom.univ-lille1.fr>

Personnes concernées

- Philippe MATHIEU, Professeur en Informatique, LIFL, Université Lille 1
- Olivier BRANDOUY, Professeur de Sciences de Gestion, GREThA, Université Bordeaux
- Yann SECQ, Maître de conférences en Informatique, LIFL, Université Lille 1
- Iryna VERYZHENKO, Maître de conférences en Sciences de Gestion, Arts et Métiers ParisTech

Présentation générale d'ATOM

Au cours des dernières années, les systèmes à base d'intelligence artificielle ont reçu un intérêt académique croissant en économie comme en finance. Parmi ces travaux, les systèmes de marchés artificiels (ASM : *Agent-based Stock Markets*) ont particulièrement tiré avantage aussi bien des approches centrées individus que de la philosophie multi-agents [1,13].

La modélisation et la simulation à base d'agents dans le domaine de la finance s'applique maintenant à des domaines d'application qui sont très prometteurs. Il est par exemple possible d'étudier à l'aide de ces outils l'impact de la taxe Tobin sur les systèmes financiers, il est aussi possible de développer de nouveaux tests de résistance pour l'évaluation de la résilience financière aux chocs économiques ou même, bien sûr, de développer de nouvelles techniques de *trading* automatique. La mise en œuvre de simulations réalistes pour les dynamiques financières complexes à l'aide d'agents autonomes, de comportements à base d'intelligence artificielle, le tout s'appuyant sur des algorithmes de marchés réalistes, donne au chercheur un outil particulièrement puissant pour pouvoir comprendre les faits stylisés reconnus en finance et pour expérimenter divers modes de contrôle et de réglementation dans un environnement expérimental, contrôlé et sans risque.

Les systèmes multi-agents offrent un nouveau cadre précis et rigoureux pour analyser des questions qui ont été abordées durant des années avec des outils s'appuyant sur des hypothèses non réalistes. Au contraire, l'approche multi-agents est fondée sur une approche individuelle, des interactions locales, des connaissances et des ressources distribuées, des environnements hétérogènes, une autonomie des agents, des comportements à intelligence artificielle, des actes de langages, des simulations discrétisées, toutes choses que les modèles équationnels globalisants sont incapables de prendre en compte (Fig. 6).

L'outil de base présenté ici est la plateforme de marchés artificiels à base d'agents développée à l'Université de Lille 1 sous l'acronyme ATOM (*ArTificial Open Market*). ATOM est conçu comme une API (*Application Programming Interface*) fortement flexible, permettant au chercheur de concevoir des expériences de marchés selon des angles très variés [3,11].

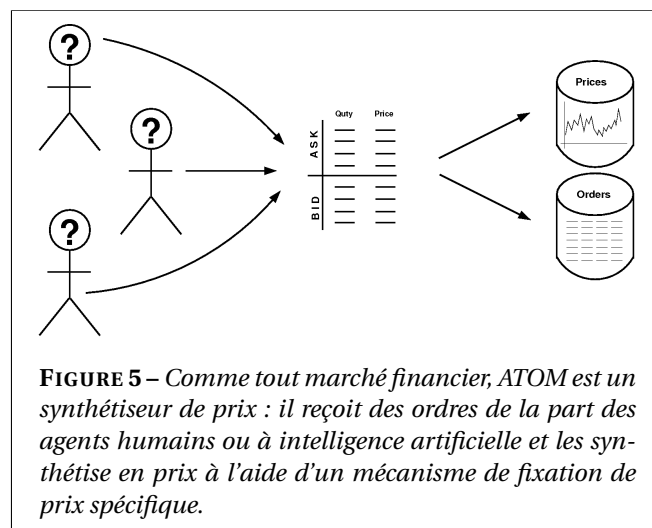


FIGURE 5 – Comme tout marché financier, ATOM est un synthétiseur de prix : il reçoit des ordres de la part des agents humains ou à intelligence artificielle et les synthétise en prix à l'aide d'un mécanisme de prix spécifique.

Dans sa forme la plus simple, ATOM reproduit les principales caractéristiques de la micro-structure d'Euronext-NYSE bien que l'API soit suffisamment flexible pour per-

mettre l'émulation d'autres types de marchés (type NASDAQ par exemple) et évolutive, ce qui permet de créer des ordres ou des méthodes d'exécution nouveaux. Il vise à la confrontation des ordres envoyés par les traders pour déterminer les cotations et les prix (Fig. 5). Un ordre est l'expression d'une intensité d'achat ou de vente d'un titre à un certain prix et pour un certain volume (ordre limite, ordre au marché, ordre à seuil, ...). C'est un système de négociation entre vendeurs et acheteurs s'appuyant sur un double carnet d'ordres. Comme tout marché financier, c'est un synthétiseur d'ordres : les traders envoient des ordres que le marché synthétise en prix. Ainsi ATOM est construit pour produire, exécuter ou rejouer des flux d'ordres.

L'un des principaux avantages d'ATOM est lié à sa modularité. Il peut être considéré comme un système dans lequel trois modules interagissent : i) les agents et leurs comportements, ii) les marchés définis en termes de micro-structure et iii) le monde économique artificiel (y compris un moteur d'information et, potentiellement, plusieurs institutions économiques comme les banques, les courtiers, ...) (Fig. 7). Les deux premiers composants peuvent être utilisés indépendamment ou conjointement. Selon les objectifs des chercheurs, le monde économique artificiel peut être activé ou non dans les simulations.

Contrairement à d'autres systèmes centrés individus [9,6], il reproduit très fidèlement le fonctionnement d'un véritable marché boursier (NYSE-Euronext) : les principaux types d'ordres admis sur ce marché sont gérés par la plateforme, tout comme la configuration d'une journée de cotation en trois périodes (pré-ouverture, continu et fermeture). ATOM est "multi-échelles" et permet aussi bien d'étudier la fixation des prix durant une journée de cotation (*intraday* Fig. 8), mais aussi de simuler plusieurs jours de bourse (voir plusieurs années) avec des comportements s'appuyant sur des prix de clôture journalière (*extraday*). Avec ATOM, toute granularité est possible et toute configuration journalière est possible, ce qui permet à cet outil de s'adapter à quasi toutes les places de marché mondiales.

$$p_t = \pm \Delta p_{t-1}$$

(a) les prix sont fixés de manière équationnelle, ce qui permet d'étudier les dynamiques de prix (approche B. Mandelbrot [10]).

$$\begin{aligned} p_t &= \pm \Delta \frac{A_t}{V_t} p_{t-1} \\ d(A)/d(t) &= \dots \\ d(V)/d(t) &= \dots \end{aligned}$$

(b) Les acheteurs et les vendeurs sont modélisés par une équation globalisante, un comportement de masse peut néanmoins être exprimé (approche Y. Biondi [2]).

$$\begin{aligned} p_t &= \pm \Delta \frac{A}{V} p_{t-1} \\ A &= \Sigma(a_i) \\ V &= \Sigma(v_i) \end{aligned}$$

(c) L'approche centrée individus. Les traders sont individualisés et décident d'une simple direction (Achat/Vente) mais le marché reste équationnel (approche B. Arthur [1]).



(d) Une approche réaliste des marchés. Les agents n'envoient pas simplement une direction mais des ordres. Le marché devient un vrai système de négociation (approche ATOM [3]).

FIGURE 6 – Quatre familles de modèles pour les marchés financiers

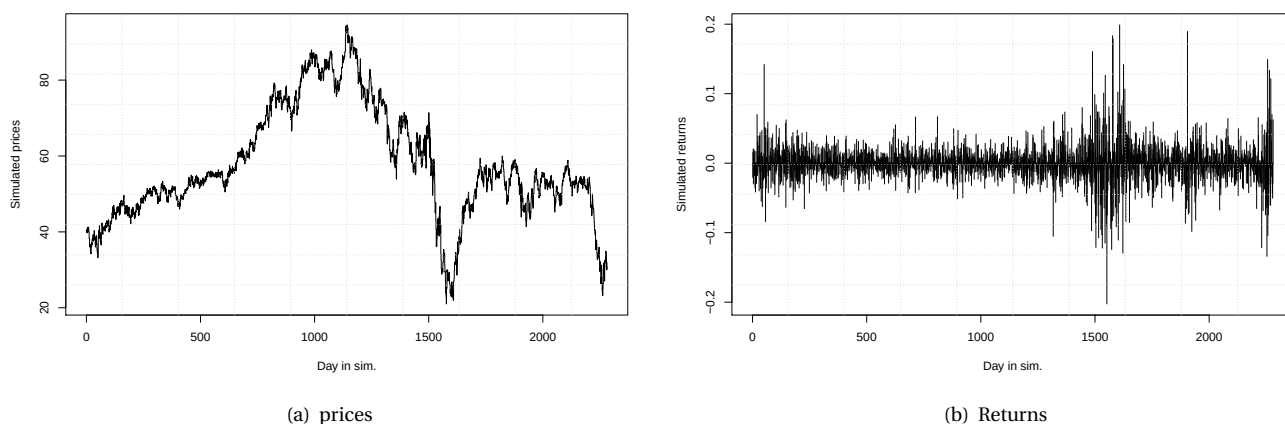
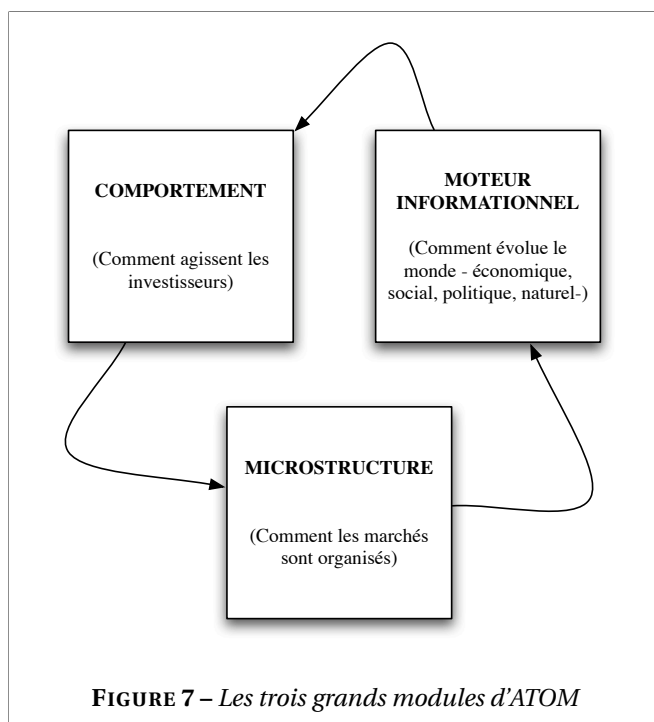
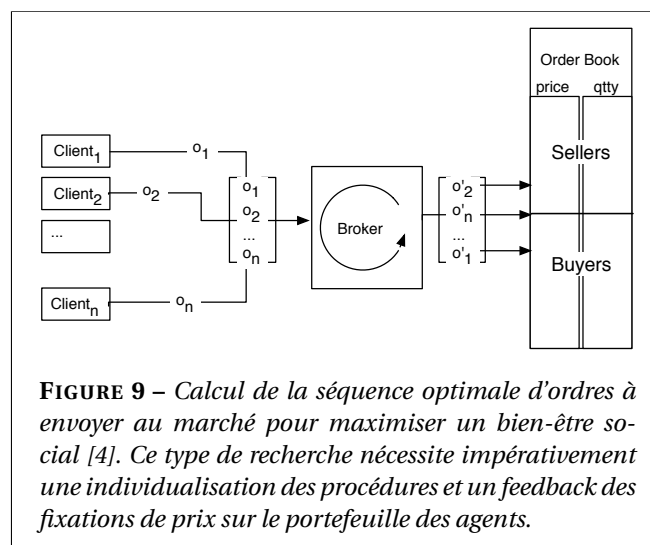


FIGURE 8 – Exemple de séries de prix simulées. Une centaine d'agents virtuels ont échangé des titres. Les courbes de prix et de rentabilité obtenues reproduisent fidèlement les faits stylisés classiques en finance de marché : queues épaisses, kurtosis, clusters de rentabilité, etc ...



Grâce à son approche multi-agents, ATOM est capable de générer, exécuter, ou rejouer des flux d'ordres issus de marchés réels ou générés artificiellement, et ceci extrêmement rapidement. Il est par exemple possible en quelques minutes de rejouer plusieurs jours de bourse passés à partir du flux d'ordres réel en recréant artificiellement autant d'acteurs qu'il y en avait sur le marché réel, afin de regarder

l'influence qu'aurait eu un changement de taxation ou de réglementation sur le portefeuille de chacun.



Ces flux d'ordres peuvent indifféremment être le résultat du raisonnement d'agents artificiels plus ou moins sophistiqués [8], ou d'êtres humains. Dans ce dernier cas, ATOM peut utiliser des ordres « à la volée », en exploitant sa capacité à mélanger les agents artificiels et/ou réels. Il peut aussi simplement ré-exécuter des ordres générés au cours d'une journée de négociation dans le monde réel. Cette capacité permet par exemple aux banquiers de tester et évaluer leurs automates de trading en utilisant des données historiques sans modifier les séries de prix ou même de tes-

ter en « off » l'impact de leurs automates dans des séries de prix inédites ou des régimes de marché générées par des traders artificiels.

ATOM utilise deux types de systèmes de prise de parole pour les agents. Soit on met en oeuvre un principe d'équité pour tous les agents ; ce qui est crucial pour la reproductibilité des résultats, soit on utilise plusieurs flux d'exécution ce qui permet notamment d'intégrer l'humain dans la simulation. Selon les besoins ATOM permet de réaliser l'ensemble de la simulation sur une seule machine (extrêmement rapidement), ou de distribuer les agents sur un réseau de machines.

Usages d'ATOM

Expérimentation sur les microstructures

Un exemple typique de la nécessité des marchés financiers artificiels à base d'agents pour aborder efficacement des questions difficiles en finance est présenté dans [4]. Dans cet article, les auteurs construisent un système d'aide à la décision afin d'aider (ou éventuellement de contrôler) un courtier à respecter un principe d'équité entre ses clients lorsqu'il exécute leurs ordres. La solution proposée dans cet article consiste à pouvoir évaluer l'exécution d'un ensemble d'ordres à l'aide d'une notion de bien-être social basée sur la richesse d'agents représentant les clients [4]. Durant une phase de simulation, on mesure l'impact de différentes hypothèses sur l'exécution des ordres afin de faire ressortir la solution optimale (Fig. 9).

Ce travail est un exemple typique de l'intérêt des systèmes multi-agents en finance. Sans système multi-agent, sans individualisation des décisions, et sans rétro-propagation de phénomènes globaux sur les individus, il est impossible de résoudre ce problème.

ATOM comme *Serious Game*

ATOM peut également être utilisé pour concevoir des expériences type "chambre des usages" avec un mélange d'agents humains et artificiels dans la même expérience. Il peut être utilisé comme un logiciel expérimental dans une salle de classe ou comme un simulateur pour les débutants en finance. Il peut alors gérer ses agents (humains et artificiels) sur de nombreuses machines à travers le réseau et mettre un ensemble d'élèves en situation très réaliste. Il devient alors un outil particulièrement agréable pour apprendre efficacement la finance de marché (Fig. 10).

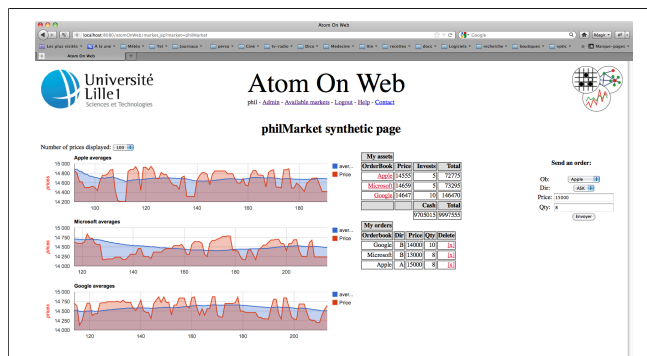


FIGURE 10 – AtomOnWeb est une application web permettant de créer son propre marché virtuel et le peupler d'agents artificiels et/ou d'agents humains. C'est l'outil pédagogique idéal pour l'apprentissage des techniques boursières ou l'évaluation de comportements humains en situation de stress.

Synthèse

Comme on peut le voir ATOM surmonte plusieurs limites des autres plates-formes de marchés artificiels, en permettant par exemple de réaliser des simulations réalistes en *intraday* (avec périodes d'ouverture et de fermeture) et des expériences long-terme, sur plusieurs jours de cotation, avec des centaines d'actifs gérés simultanément par un ensemble d'agents ayant chacun leur propre comportement.

Toutes ces raisons font qu'ATOM est aujourd'hui utilisé entre autres, pour la recherche dans la gestion de portefeuille, le *trading* algorithmique ou la gestion des risques.

Il est bien sûr possible d'utiliser ATOM pour l'évaluation de nouvelles réglementations ou de nouvelles procédures de marché dans le cadre d'un marché simulé, d'étudier les effets potentiels de taxes ou de nouvelles stratégies de négociation dans un environnement financier sophistiqué.

ATOM pourrait aussi être utilisé pour intégrer un marché financier réaliste à des plateformes de simulations macroéconomiques qui, bien que de plus en plus utilisées par les banques centrales, ne disposent pas d'une extension de cette précision à ce jour. La complexité de l'interconnexion entre les marchés de capitaux, le système bancaire et l'économie réelle mérite d'être étudiée avec ce type d'outils ... la crise de 2008, dont nous souffrons toujours, suffit à le justifier !

On notera pour conclure, que bien évidemment, ces différentes expériences nécessitent toutes, pour être réalistes de pouvoir s'appuyer sur un système multi-agents.

Bibliographie

- [1] W. B. Arthur, J. Holland, B. LeBaron, R. Palmer, and P. Tayler. *The Economy as an Evolving Complex System II*, chapter Asset pricing under endogenous expectations in an artificial stock market, pages 15–44. Addison-Wesley, Reading, MA, 1997.
- [2] Yuri Biondi, Serge Galam, and Pierpaolo Giannoccolo. What does financial market do ? the formation of share market prices under heterogeneous beliefs and common knowledge. In Yves Demazeau, Toru Ishida, Juan M. Corchado, and Javier Bajo, editors, *Physica A : Statistical Mechanics and its Applications*, volume 391 of 22, pages 5532–5545. Springer, 2011.
- [3] O. Brandouy and P. Mathieu. A generic architecture for realistic simulations of complex financial dynamics. In *PAAMS'2010*, 2010.
- [4] O. Brandouy and P. Mathieu. Efficient monitoring of financial orders with agent-based technologies. In *PAAMS'2011*, 2011.
- [5] O. Brandouy, P. Mathieu, and I. Veryzhenko. Optimal portfolio diversification ? a multi-agents ecological competition analysis. In *PAAMS'2011*, 2012.
- [6] N. Ehrentreich. The santa fe artificial stock market - re-examined - suggested corrections. *Computational Economics*, 2002.
- [7] Eugène Fama. Efficient capital markets : A review of theory and empirical work. *Journal of Finance*, 25 :383–417, 1969. L'article de référence sur la théorie de l'efficience.
- [8] D. K. Gode and S. Sunder. Allocative efficiency of markets with zero-intelligence traders : Market as a partial substitute for individual rationality. *Journal of Political Economy*, 1993.
- [9] B. LeBaron. Building the santa fe artificial stock market. *Brandeis University*, 2002.
- [10] Benoît Mandelbrot. *Une approche fractale des marchés : risquer, perdre et gagner*. Eyrolles, 2009.
- [11] Philippe Mathieu and Olivier Brandouy. Introducing atom. In Javier Bajo Pérez, Juan M. Corchado, Emmanuel Adam, Alfonso Ortega, María Moreno, Elena Navarro, Benjamin Hirsch, Henrique Lopes Cardoso, Vicente Julián, Miguel A. Sánchez, and Philippe Mathieu, editors, *Proceedings of the 10th International conference on Practical Applications of Agents and Multi-Agents Systems (PAAMS'2012)*, Practical Advances in Intelligent and soft computing, pages 269–272. Springer, 2012. Short paper, Best Demo award.
- [12] Philippe Mathieu and Matthis Gaciarz. Improving classifier agents with order books information. In Yves Demazeau, Toru Ishida, Juan M. Corchado, and Javier Bajo, editors, *Advances on Practical Applications of Agents and Multi-Agents Systems (PAAMS'2013)*, volume 7879 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 205–215. Springer, 2013.
- [13] Imon Palit, Steve Phelps, and Wing Lon Ng. Can a zero-intelligence plus model explain the stylized facts of financial time series data? In *Proceedings of the 11th International Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems - Volume 2, AAMAS '12*, pages 653–660, Richland, SC, 2012. International Foundation for Autonomous Agents and Multiagent Systems.

WorkSim, un simulateur multi-agent du marché du travail français

Le modèle WorkSim est un outil d'analyse basé sur la méthodologie multi-agent ou ACE (Agent-Based Computational Economics [8]). Il est conçu pour simuler le marché du travail français récent.

- Jean-Daniel KANT jean-daniel.kant@lip6.fr,
- UPMC – LIP6 – 4 place Jussieu, 75005 Paris
- <http://www-poleia.lip6.fr/~kant>

Personnes concernées

- Jean-Daniel Kant, Maître de conférences en informatique de l'Université Pierre et Marie Curie - Paris 6
- Gérard Ballot, Professeur en Sciences économiques de l'Université Panthéon-Assas - Paris 2
- Olivier Goudet, doctorant en informatique de l'Université Pierre et Marie Curie - Paris 6

Thème général de la contribution

Le premier objectif de notre modèle est de reproduire le fonctionnement du marché du travail au niveau agrégé ainsi qu'au niveau des principales catégories de main-d'œuvre, sur la base des décisions des différents agents, entreprises et individus, les décisions reposant sur des critères rationnels. Notre modèle s'inscrit aussi dans la démarche de la microsimulation initiée par Orcutt [6], dans la mesure où il se situe à une échelle de 1/4700^{ème} pour les individus, que l'on utilise des données nombreuses pour les initialisations, un détail institutionnel assez minutieux, et un grand nombre d'agents (de l'ordre de 10000). Enfin, il est calibré par un algorithme puissant afin de reproduire un certain nombre de variables cibles du marché du travail en 2011. Une fois calibré, nous utilisons ce modèle comme un outil d'expérimentation de politiques publiques sur le marché du travail.

Description du modèle

Il y a trois types d'agents dans WorkSim : des individus, des entreprises privées et un secteur public qui recrute des fonctionnaires, collecte des taxes, détermine (de façon exogène) des politiques publiques du marché du travail. En plus, le modèle utilise trois artefacts (au sens d'Omicini [5]) pour fournir des services essentiels aux agents :

- *JobAds*, qui reçoit les offres d'emploi des entreprises et les offres de travail des individus. La diffusion de l'information repose sur un processus de recherche, en accord avec le principe de la théorie de la recherche [7].

- un module démographique, qui gère les processus démographiques (départ à la retraite, mort...) et l'évolution des ménages (mariage, séparation, enfants...)
- un "institut de statistiques", qui calcule des informations statistiques dont ont besoin les agents (par exemple la tension sur le marché du travail) et la diffuse auprès d'un nombre limité d'agents.

Une particularité de WorkSim est d'intégrer un cadre institutionnel très complet et flexible, qui comprend (1) les éléments nécessaires du code du travail (comportant deux types de contrat : *les contrats à durée déterminée (CDD)* et *les contrats à durée indéterminée (CDI)*, les coûts de licenciement, les charges sociales,...), et (2) les décisions gouvernementales (salaires minimum, montant des allocations chômage, ...).

Calibration du modèle

Pour calibrer les paramètres du modèle (35), nous minimisons une fonction de *fitness* qui est définie comme une somme pondérée des écarts relatifs au carré entre les sorties du modèle et les cibles réelles du marché du travail français en 2011 (58 cibles en tout) regroupées en différentes catégories (taux de chômage, taux d'activité, salaires, flux de main d'œuvre, taux de transition annuels, part de chômeur au chômage depuis plus d'un an, part d'emploi à temps partiel, proportion d'emplois vacants).

Pour minimiser cette fonction de fitness, nous utilisons l'algorithme évolutionnaire CMA-ES [4], qui est l'un des plus performant pour résoudre ce type de problème d'optimisation [1].

Validation

Nous obtenons globalement un écart médian avec les cibles objectifs de 10,7%. De plus nous constatons que la plupart des flux de main-d'œuvre calculés par WorkSim sont très proches des Déclarations mensuelles des Mouvements de Main-d'œuvre (DMMO), ce qui nous permet de valider la cohérence de notre modèle de flux par âge [2].

Résultats

Deux principales études de politiques publiques ont été menées par ce modèle : l'évaluation de l'impact du contrat de génération, ainsi que la suppression des CDD.

Etude du contrat de génération

Le contrat de génération créé par la Loi 2013-185 du 1er mars 2013 portant création du contrat de génération, comporte les dispositions principales suivantes : a/ l'entreprise embauche un jeune de moins de 26 ans en CDI. b/ il constitue un binôme avec un senior de 57 ans et plus qui doit être maintenu dans l'emploi. Si ce senior est recruté, il peut avoir 55 ans minimum. c/ L'Etat verse, mais uniquement aux entreprises de moins de 300 salariés une prime annuelle de 4000 euros sur une durée de 3 ans.

Nous montrons avec WorkSim⁶ que l'introduction du contrat de génération a un effet de diminution du chômage des jeunes. Toutefois cet effet est petit (de l'ordre de 0,43 point de chômage). L'effet sur le chômage des seniors est encore beaucoup plus faible (0,11 point). Les effets d'aubaine sur l'embauche des jeunes sont en effet de près de 90%. De plus nous montrons par un protocole proche d'une expérience naturelle que le CG améliore durablement le parcours professionnel des bénéficiaires, en taux d'emploi mais aussi en qualité d'emploi (plus de CDI et moins de CDD). En outre, le coût total demeure proche du coût anticipé, et surtout le coût brut (17 800 euros) et le coût net par chômeur évité (12 000 euros pour ce dernier) sont plutôt inférieurs au coût des systèmes d'allègement de charge, qu'ils soient calculés dans le modèle ou dans par d'autres méthodes. Toutefois notre protocole permet aussi de montrer qu'un effet d'éviction touche les jeunes non bénéficiaires du CG ainsi que les adultes, sans annuler l'effet total.

Effets de la suppression des CDD

Nous avons aussi étudié avec ce modèle la suppression des CDD dont les effets sur le chômage sont controversés [3].

Dans la simulation de base qui correspond au marché du travail français en 2011, caractérisé par une volatilité élevée des demandes des entreprises, ainsi que des taux de rotation des individus, l'effet net de la suppression des CDD est une diminution importante du taux de chômage. Cependant, cet effet net de la suppression des CDD peut aussi être influencé par un effet régulateur que nous n'avons pas endogénéisé complètement, parce qu'actuellement les décisions des firmes au niveau du choix entre un CDI et un

CDD sont partiellement exogènes : tout d'abord un CDI ou un CDD est tiré aléatoirement à partir d'une distribution de probabilité exogène (calibrée), puis ensuite l'entreprise décide de créer effectivement le contrat de façon endogène.

Développements en cours et perspectives

Nous améliorons actuellement le mécanisme de choix entre le CDD et le CDI, de manière à le rendre complètement endogène au niveau du processus de décision des entreprises. Nous souhaitons modéliser les autres types de contrats qui existent sur le marché du travail français, notamment l'interim et l'apprentissage. Enfin une perspective intéressante serait de valider plus en détail les comportements des agents du modèle en utilisant des techniques provenant de l'économie expérimentale.

Bibliographie

- [1] A. Auger and N. Hansen. Addressing numerical black-box optimization : CMAE-ES. *LION 6, January 16-20, Paris, France*, 2012.
- [2] G. Ballot, J.-D Kant, and O. Goudet. Modeling both sides of the french labor market with adaptive agents under bounded rationality. In *EAEPE 2013 (European Association for Evolutionary Political Economy annual Conference)*, Paris, November 2013.
- [3] O. Goudet, J.-D Kant, and G. Ballot. Forbidding fixed duration contracts. unfolding the opposing effects with a multiagent model of the french labour market. In *AE 2014 - 10th Artificial Economics Conference - Social Simulation 2014*, Barcelona, Spain, 2014.
- [4] N. Hansen and A. Ostermeier. Completely derandomized self-adaptation in evolution strategies. *Evolutionary computation*, 9(2) :159–195, 2001.
- [5] A. Omicini, A. Ricci, and M. Viroli. Artifacts in the A&A meta-model for multi-agent systems. *Autonomous Agents and Multi-Agent Systems*, 17(3) :432–456, December 2008.
- [6] Guy Orcutt. A new type of socio-economic system. *International Journal of Microsimulation*, 1(1) :3–9, 2007.
- [7] E. Phelps. *Microfoundations of employment and inflation theory*. Macmillan, London, 1970.
- [8] L. Tesfatsion. Agent-based computational economics : Growing economies from the bottom up. *Artificial Life*, 8 :55–82, 2002.

6. soumis à la revue *Economie et Statistiques*.

Compte rendu du séminaire MACS & IA, novembre 2013

L'Association Française d'Intelligence Artificielle (AFIA) et le groupe de travail Modélisation et pilotage des systèmes de Connaissances et de Compétences dans les Entreprises Industrielles (C2EI) du GDR Modélisation, Analyse et Conduite des Systèmes dynamiques (MACS) ont organisé une journée commune FORMALISATION DES CONNAISSANCES ET IA. Cette journée fut fondée sur des interventions se situant à l'intersection de l'IA et du domaine de la traçabilité, de l'extraction et de la formalisation des connaissances. L'objectif de cette journée était de présenter des problématiques du domaine de la formalisation des connaissances traitées en IA ainsi que les avancées en représentation des connaissances.

Date : 7 novembre 2013

Lieu : Université Paris-Descartes, 45 rue des Saints Pères, 75006 Paris

Nombre de participants : 61

Modélisation des connaissances et inférences, par les techniques de propagation de contraintes

Pierre-Alain Yvars (SupMéca Paris)

Après avoir décrit les connaissances manipulées en ingénierie système, et en particulier, l'intérêt de SysML, Pierre Alain Yvars analyse l'intérêt d'utiliser les ontologies pour modéliser les connaissances dans les problèmes de conception en ingénierie système. Puis il liste rapidement des approches utiles pour la résolution de problèmes. Il présente ensuite un état de l'art sur des travaux en cours en ingénierie système. Il en arrive à en déduire qu'il a besoin d'outils de synthèse qui permet de poser des exigences sur les sorties du système et de trouver les variables de conception. Il se propose alors d'utiliser les techniques de Constraint Programming comme outil de synthèse. Les contraintes sont acausales et permettent de réduire l'espace des solutions. Elles permettent aussi de faire de la génération basée sur les exigences ce qui est mieux que de vérifier qu'une solution satisfait les exigences a posteriori. Pierre-Alain expose alors un problème industriel traité avec Dassault Aviation. Par la suite, il présente des projets passés (Deklare, KOMOD, en collaboration avec PSA ; CO2 RNTL, CE solver) qui sont à l'origine du projet DEPS. Son but est de produire un langage, un compilateur, et un solveur, qui sera appliqué dans des domaines de conception mécatronique ou de sys-

tèmes embarqués, lors de la phase de conception préliminaire (embodiement design). Le langage est Domain Specific Language.

Quelques éléments sur la découverte et la représentation de connaissances

Amedeo Napoli (LORIA, Nancy)

Amedeo Napoli (Amedeo) présente un exposé sur la problématique de découverte ou d'extraction de connaissances (KDDK : Knowledge Discovery guided by Domain Knowledge) à partir d'ontologies. Amedeo distingue les connaissances pour l'humain et les connaissances pour la machine. Pour que la machine comprenne, il faut des formules logiques associées à de la sémantique. Après avoir précisé les domaines d'application de cette problématique (cuisine (eh oui ...), médecine, ...), Amedeo présente les thèmes développés dans son équipe Orpailleur : fouille de texte, analyse formelle de concepts, CBR, ... Il expose brièvement un exemple sur la description de planètes modélisé par un treillis de concepts (concept lattice) qui permet de classer ces planètes. Cette approche est basée sur l'analyse formelle de concepts (Formal Concept Analysis). Amedeo présente alors le formalisme mathématique du FCA. On retrouve la dualité des concepts en représentation des connaissances entre objets représentés et propriétés (plus on a d'objets, plus la propriété est générale). Le treillis peut alors servir à fabriquer une ontologie, en supportant la génération des

formules logiques entre les concepts. Une ontologie est un ensemble de concepts, de relations et de propriétés comme la subsumption. Le langage recommandé pour représenter les ontologies s'appuie sur les logiques de description (DL Description Language). A titre d'exemple de langage, Amedeo présente ALCN qui reprend les principes de la logique propositionnelle (négation, conjonction, disjonction) avec en plus des quantificateurs universels et existentiels ainsi que des cardinalités sur les rôles. La logique de description travaille avec l'hypothèse du monde ouvert : ce que vous n'avez pas déclaré comme faux n'est pas faux. Avec cette logique, il est possible de vérifier si les concepts sont satisfaits, subsumés ou instanciés. Il est à noter que les ontologies sont à la base du web sémantique. La dernière partie de l'exposé porte sur l'analyse et fouille de texte qui vise à extraire des paires (entités, attributs) et des triplets (entité, relation, entité) puis de générer un treillis et donc une ontologie. Les ontologies peuvent ensuite être utilisées pour faire de l'annotation de textes par exemple. Amedeo montre ensuite un exemple d'application sur la résistance des bactéries aux antibiotiques. La table relationnelle permet d'apporter des attributs entre des bactéries et des antibiotiques. En conclusion, l'analyse formelle de concepts permet de construire des ontologies. Les questions portent sur la validation du corpus de connaissances (relations bactéries, antibiotiques) et sur possibilité de rédiger en langage naturel qui serait transformée en treillis grâce à des outils d'analyse du langage naturel (gate, stanford parse). Amedeo insiste sur le fait qu'il est pertinent de demander aux experts de raconter des histoires, et non pas de vouloir leur faire « dire » leurs connaissances. ... Les experts manipulaient la cible pour se ramener à 3 ou 4 plans de synthèse qu'ils manipulaient. L'aide fournie a alors consisté à analyser les différents plans de synthèse en fonction de la cible.

Modélisation des traces et réutilisation d'expériences pour la maintenance industrielle

Brigitte Morello (FEMTO ST, Besançon)

Brigitte Morello s'intéresse à la modélisation du retour d'expériences (REX) en e-maintenance à partir de systèmes à base de traces. Les problématiques posées sur une plateforme de e-maintenance concernent une évolution du besoin des utilisateurs, des méthodes de REX statiques, et l'absence de services dynamiques. Les verrous concernent l'analyse de connaissances expertes pour générer et exploiter des connaissances dynamiques et créer un dispositif proactif d'aide à la décision. Après un bref état de

l'art, Brigitte précise l'intérêt de l'ingénierie des traces pour traiter l'aspect dynamique de la connaissance. De nombreux travaux traitent des systèmes à base de traces : travail sur le web, caractérisation des comportements des utilisateurs, système d'assistance (pour guider l'utilisateur de base), process mining, stream mining, ergonomie d'IHM... Le process mining permet de générer un processus métier sous-jacent du fichier log (par exemple, à partir de RdP). Les traces d'interaction sont des inscriptions des connaissances issues de l'expérience (A. Mille). Georgon et al. ont modélisé des interactions dans la conduite d'une voiture (que l'on souhaite devenir intelligente). Un graphe est composé d'une séquence d'événements et de relations les liant. Dans les travaux de Van der Aalst, un log est représenté par une séquence d'activité et le modèle du processus est découvert grâce à un événement. Un SBT est composé de 3 niveaux (A. Mille) : la visualisation avec interrogation, un système de transformation, un système de collecte (source de traçage). Dans son travail en e-maintenance, Brigitte s'appuie sur une ontologie métier en maintenance pour modéliser les traces. Pour construire l'ontologie, elle s'est appuyée sur Methontology et PowerLoom. L'évaluation de l'ontologie a été réalisée à partir de métriques. La validation s'est faite à partir de questionnaires métier. Brigitte décrit alors le SBT qui a été développé au sein de son équipe. Une question posée porte sur la recherche des contradictions ou redondances sur la base de règles. Brigitte répond qu'une partie des règles est analysée manuellement et une autre, automatiquement.

Formalisation et visualisation des connaissances par les graphes conceptuels

Bernard Kamsu Foguem (LGP, Tarbes)

Bernard Kamsu Foguem présente une utilisation des graphes conceptuels permettant de formaliser le retour d'expériences en génie civil. Après avoir présenté un état de l'art sur les problématiques de gestion des connaissances en génie civil, Bernard présente le problème qu'il traite concernant l'amélioration continue et la création de valeurs. Le constat est qu'il n'y a pas de fiche REX rédigée sur les chantiers. Bernard propose de fournir des outils intelligents permettant de mieux formaliser les connaissances accessibles. Il s'est intéressé à la vérification de conformité en construction. La modélisation clé retenue par Bernard concerne les graphes conceptuels (développés par Sowa, 1984) qui permettent la modélisation des connaissances et le raisonnement. Il a utilisé l'outil COGUI pour manipuler

les graphes conceptuels : structurer les connaissances, vérifier les faits ou hypothèses, et raisonner sur les connaissances. Il utilise le langage RDF (Resource Description Format) qui peut permettre une extension vers le Web sémantique. La démarche consiste à identifier le vocabulaire, les règles et des contraintes. Les graphes peuvent s'emboîter les uns dans les autres. Bernard présente enfin l'application dans le bâtiment réalisé avec COGUI. La difficulté de mener ce type de projet est le manque de culture de la gestion des connaissances dans ce domaine.

Modélisation sociale d'une organisation et usage de son réseau.

Gaëlle Lortal (Thales Research and Technology, Palaiseau)

Gaëlle Lortal travaille au sein du laboratoire de raisonnement et d'analyse dans les systèmes complexes de Thales Research and Technology. Elle s'intéresse à la gestion des connaissances (K) et des réseaux sociaux pour l'aide à la décision. Le premier point abordé concerne le concept même de connaissance : aspect documentaire et aspect relations humaines. Les produits d'intérêt ici sont des systèmes de contrôle-commande et la gestion de projets. En gestion de projet, les chefs de projets utilisent leurs connaissances (des informations documentaires pour sortir de nouveaux documents ainsi que leur réseau social professionnel ou personnel). L'aide à la décision se base sur les connaissances documentaires et collaboratives avec des réseaux sociaux. Son objectif (Arnott et Pervan 2005) est de supporter le Social Decision Support. Le constat de Gaëlle est que partant d'une masse de documents, on ne peut pas directement en déduire un réseau social, mais plutôt des liens entre documents. Les techniques d'IA réutilisées parce que déjà testées dans le domaine documentaire sont difficiles à utiliser (text mining, ...). Le verrou scientifique ici réside dans la gestion de graphes "lâches" ou multi-granulaires. L'analyse des réseaux sociaux peut se baser sur la sociologie qui étudie une communauté, la centralité d'un nœud (= un acteur, une organisation dans notre cas), l'analyse topographique et les patrons sociaux. Dans le monde numérique, on peut consulter l'état de l'art sur les algorithmes par Éréteo et al. 2011. Le terme de réseau social a fortement évolué avec son utilisation en informatique et prend en compte les productions des médias sociaux avec par exemple, Facebook, Copain d'avant, les forums, les blogs, les tweets... Un graphe social devient une formalisation d'un réseau social sous forme de graphes composés de nœuds représentant des acteurs du réseau, des liens typés, et des données issues des médias sociaux. Les graphes sociaux vont être utilisés

pour faire de la découverte de nouvelles connaissances et automatiser la vérification et diffusion des connaissances. Le point particulier est que le décideur est lui-même un nœud du réseau social. Il utilisera le graphe pour extrapoler et l'aider à décider (sans décider pour lui). Une ontologie est utilisée pour indexer les données du graphe social qui serviront à guider les fonctionnalités présentées à l'utilisateur. La connaissance est liée à l'individu qui interprète et s'approprie une ressource composite (qui peut être stockée sous forme de documents). Concernant la plateforme développée, pour des raisons légales, la gestion se fait au niveau groupe (et non individu). Le modèle proposé est adossé à des modules de détection de projets pertinents (s'appuyant sur la théorie des jeux), statistique et heuristiques sémantiques (par exemple, patrons de consortium). Les travaux en perspective concernent essentiellement la fusion d'information.

Ontologie et formalisation des connaissances

Sylvie Després (LIM&BIO, Paris)

Sylvie Després est spécialisée sur les ontologies construites à partir de textes. Ces ontologies permettent des raisonnements. Les ontologies (Studer 1998) sont des spécifications formelles d'une conceptualisation d'un domaine, partagée par un groupe de personnes, qui est établie selon un certain point de vue imposé par l'application construite. Sylvie présente deux exemples d'application dans le domaine médical, l'un, en nutrition et l'autre en épidémiologie. En nutrition, partant du profil d'un utilisateur, il rentre ses préférences, le système les traite et lui donne des recommandations. Sylvie présente ensuite les objectifs des activités suivantes : modéliser, formaliser, opérationnaliser et évaluer. Le fil conducteur de son propos est d'adapter le choix de formalisme (logique de description, logique du premier ordre...) selon le type de problème rencontré. L'opérationnalisation vise à avoir un résultat exploitable par la machine. L'évaluation pourra porter sur le périmètre de l'ontologie et la satisfaction des acteurs. Concernant l'ontologie de la nutrition, on utilise des documents concernant les nutriments, les recettes, les pratiques alimentaires, et le goût. Grâce au corpus et les TAL (Techniques Automatiques des Langues), on pourra peupler l'ontologie. La modélisation de l'ontologie s'est faite par modules (aliment, nutrition, cuisine, matériel, personne...) devant communiquer entre eux. Une analyse a été faite sur les besoins de raisonnement. Pour la modélisation des processus, on peut se centrer sur les entités (ontologie de domaine) ou sur les processus (on-

tologie de processus). Les processus sont vus comme une boîte soit noire, soit ouverte (en analysant le déroulement du processus, identifiant des sous-processus, des comportements, et en contrôlant son déroulement). Le processus de la veille épidémiologique est alors modélisé comme une succession d'étapes : surveillance, analyse, décision et éva-

luation. Ce processus veille sur un autre processus de propagation. Sylvie présente alors un patron de l'ontologie du domaine de veille. Certains modèles sont modélisés en PSL qui permet de modéliser la dynamique mais qui est orientée initialement organisation.

Compte-rendu de la journée RO-IA

Nicolas Maudet

La journée s'est tenue le 08 Octobre 2013 au LIP6, UPMC, en collaboration avec la ROADEF et les Journées Franciliennes de Recherche Opérationnelles (JFRO). Dans une première présentation de type « tutoriel » intitulée « Optimisation combinatoire et préservation de la biodiversité », Alain Billionnet s'est attaché à montrer que différentes techniques de l'optimisation combinatoire (en particulier la programmation mathématique) pouvaient être mobilisées pour aborder des problèmes de préservation de la biodiversité sur des territoires, par exemple la conception de corridors biologiques, la préservation de la diversité génétique, le contrôle des espèces invasives. L'après-midi, Alex Fleischer (IBM) a présenté à travers de nombreux exemples concrets (gestion de l'eau, smart grids) les contributions des solutions ILOG aux problématiques de développement durable. En particulier, alors que jusqu'à récemment les approches étaient très spécifiques au contexte précis envisagé (par exemple pour le *unit commitment problem*, la planification de la production énergétique), l'utilisation de solveurs génériques s'avère maintenant performante, et procure une plus grande flexibilité dans la conception.

Dans un exposé préparé avec Nathalie Peyrard et intitulé « Mathématiques pour la gestion des réseaux écologiques », Régis Sabbadin (INRA) s'est penché sur différents problèmes mettant en jeu une prise de décision séquentielle dans une situation d'incertitude. Par exemple, comment échantillonner de manière optimale un champ afin d'établir une cartographie des types de plantes en présence, sachant qu'il est difficile d'identifier exactement les

plantes et que les observations sont coûteuses ? Ces problèmes peuvent être abordés en combinant plusieurs outils : des modèles graphiques pour la représentation de l'incertitude (réseaux bayésiens), et des techniques d'optimisation (MDP, etc.). Il est ainsi possible de proposer une méthode d'échantillonnage adaptatif des champs.

Les *smart grids* ont constitué le sujet de la présentation de Cedric Herpson (CEA). Ces réseaux électroniques intelligents, capables de s'adapter de manière autonome aux fluctuations de la production ou de la consommation, posent de nombreux défis, au premier rang desquels la coordination d'entités distribuées, souvent soumis à des contraintes hétérogènes. Les mécanismes de coordination développés dans le cadre des systèmes multiagents s'avèrent prometteur dans la perspective d'un déploiement de ces technologies à large échelle.

Enfin, Giorgio Lucarelli (LIP6) a abordé la question de la minimisation de l'énergie dans les systèmes informatiques, avec en particulier les mécanismes de variation de vitesse du processeur. Se posent alors de problèmes d'ordonnement des tâches, de façon à minimiser l'énergie consommée, abordées ici à l'aide de la programmation linéaire, et d'approches primales-duales.

La journée fut un réel succès, avec une soixantaine de participants d'horizons assez divers. Les transparents et le programme de la journée peuvent être consultés à l'adresse : <http://www.lamsade.dauphine.fr/~jfro/JourneesPrecedentes/anciennesJournees/jfro30.html>.

Adhésion individuelle et abonnement☐ **Demande**☐ **Renouvellement**

Nom : _____ Prénom : _____
 Affiliation : _____
 Adresse postale : _____
 N° de téléphone : _____ N° de télécopie : _____
 Adresse électronique : _____
 Activité (à titre professionnel / à titre privé (*rayez la mention inutile*)) : _____

Type d'adhésion

☐ Simple :	30 €
☐ Étudiant (sur justificatif) :	15 €
☐ Soutient :	Sans objet

☐ Adhésion au collège SMA : gratuite
☐ Adhésion au collège IC : gratuite
☐ Adhésion au collège FERA (*Apprentissage*) : gratuite

Adhésion personne morale☐ **Demande**☐ **Renouvellement****Organisme :****Adresse postale commune aux bénéficiaires couverts par cette adhésion :**

Nom et prénom du représentant : _____ Fonction : _____
 Mél : _____ Tél : _____ Fax : _____
 Adresse postale : _____

L'adhésion morale donne droit à 5 adhésions pour les universitaires et à 15 adhésions pour les non universitaires.

Coordonnées des bénéficiaires :

Nom, prénom	Mél.	Tél.	Fax

	Tarif de base fixe :	Tarif par bénéficiaire :
☐ Laboratoire universitaires/PME	150 €	Gratuit pour 5 personnes (30 € par bénéficiaire supplémentaire)
☐ Personnes morales non universitaires	450 €	Gratuit pour 15 personnes (30 € par bénéficiaire supplémentaire)
☐ Adhésion de soutien	600 €	Sans objet
☐ j'accepte que les renseignements ci-dessus apparaissent dans l'annuaire de l'AFIA		
☐ j'accepte que les renseignements ci-dessus soient transmis à l'ECCAI pour constituer un fichier européen		
Veillez trouver un règlement (à l'ordre de l'AFIA) de Euros		

Trésorier AFIA en charge des adhésions : Davy MONTICOLO, ENSGSI, 8 rue Bastien Lepage, 54000 Nancy.

Mode d'adhésion :

De préférence, en ligne via le site Internet de l'AFIA : <http://www.afia.asso.fr>

A défaut, cette page doit être envoyée au trésorier.

Modes de paiement :

1. par Paypal
2. par bon de commande administratif, à l'ordre de l'AFIA, envoyé au trésorier ;
3. par virement bancaire sur le compte de l'AFIA : Société Générale, 1 place du Maréchal Foch, 35000 Rennes, France.
Code banque 30003, code guichet 01902, numéro de compte 00037283856 clef RIB 39.
4. par chèque, à l'ordre de l'AFIA, envoyé au trésorier ;

SOMMAIRE DU BULLETIN N° 83

Editorial	3
Dossier IA et Économie	4
Compte rendu du séminaire MACS & IA, novembre 2013	32
Compte-rendu de la journée RO-IA	36

CALENDRIER DE PARUTION DU BULLETIN DE L'AFIA

<i>Hiver</i>	<i>Été</i>
Réception des contributions: 15 décembre	Réception des contributions: 15 juin
Sortie le 31 janvier	Sortie le 31 juillet
<i>Printemps</i>	<i>Automne</i>
Réception des contributions: 15 mars	Réception des contributions: 15 septembre
Sortie le 30 avril	Sortie le 31 octobre