

# Le bulletin

Semestriel



## Bulletin de la Société Française de Recherche Opérationnelle et d'Aide à la Décision

Édition Automne 2013 - Hiver 2014  
Numéro 31 - janvier 2014

Le mot du bureau

Article invité : S. Lepaul

Modélisation des marchés de commodité énergétique : Les modèles de fondamentaux

Article invité : E. Bonnet et A. Saffidine

Complexité des jeux

Article invité : M. Mongeau

L'optimisation et la RO s'ORGanisent à Toulouse

Vie de l'association :

Conférence ROADEF 2014

Challenge ROADEF

Vie des groupes de travail ROADEF

EnsROtice

Manifestations à venir et annonces

Les énigmes de la RO

Rejoindre la ROADEF

Éditeur ..... Nadia Brauner, Laboratoire G-SCOP, 46 av. Félix Viallet, 38031 Grenoble Cedex

Siège social ..... Institut Henri Poincaré, 11, rue Pierre et Marie Curie, 75231 Paris Cedex 05

Publication ..... Olivier Spanjaard, Sorbonne Universités, UPMC Univ Paris 06, UMR 7606, LIP6, F-75005, Paris, France

Site web ..... <http://www.roadef.org>

Langues officielles ..... Français et anglais



## Le mot du bureau

Chers amis de la ROADEF,  
Chers collègues,

La vie de notre association lors du second semestre 2013 aura été en particulier marquée par la Journée Industrielle du GDR RO qui s'est déroulée le 26 novembre, organisée en partenariat avec le GDR ASR et la ROADEF. Cette manifestation visait à permettre une rencontre entre chercheurs et industriels autour des questions qui dérivent de l'émergence des nouvelles architectures de calcul réparties et de la problématique des grandes masses de données, avec un focus particulier entre ces questions et la conception d'applications décisionnelles. Elle a réuni une quarantaine de personnes. Une table ronde a conclu la journée.

Dans ce numéro du bulletin, vous trouverez un article invité de Sébastien Lepaul, qui porte sur les modèles de prévision des prix des commodités dans le marché de l'énergie. Le second article d'Edouard Bonnet et Abdallah Saffidine poursuit la série de communications autour de la RO et des jeux, en s'intéressant à la complexité computationnelle de divers jeux à deux joueurs bien connus. Enfin, Marcel Mongeau présente diverses nouvelles structures autour de la RO à Toulouse.

Je remercie chaleureusement tous les contributeurs de ce bulletin, qui ont rendu possible sa publication.

Je vous donne rendez-vous à Bordeaux du 26 au 28 février, pour la prochaine édition de la conférence ROADEF pendant laquelle aura lieu l'assemblée générale de l'association, et je vous souhaite une année 2014 riche de réussites en RO.

Olivier Spanjaard (responsable du bulletin)

---

### Contactez le bureau

Vous pouvez joindre chaque membre du bureau par e-mail à partir de sa fonction :

- [president@roadef.org](mailto:president@roadef.org) : Nadia Brauner
- [secretaire@roadef.org](mailto:secretaire@roadef.org) : Dominique Feillet
- [tresorier@roadef.org](mailto:tresorier@roadef.org) : Frédéric Gardi
- [vpresident1@roadef.org](mailto:vpresident1@roadef.org) : Olivier Spanjaard (le bulletin)
- [vpresident2@roadef.org](mailto:vpresident2@roadef.org) : Nathalie Sauer (le site web)
- [vpresident3@roadef.org](mailto:vpresident3@roadef.org) : Luce Brotcorne (4'OR et relations internationales)
- Chargé de mission pour la promotion de la RO/AD : Laurent Alfandari

Pour écrire à l'ensemble du bureau, vous pouvez utiliser l'adresse : [bureau@roadef.org](mailto:bureau@roadef.org)

### Rappel : la composition du bureau change à partir de janvier 2014

- Président : Frédéric Gardi
- Secrétaire : Sourour Elloumi
- Trésorier : Nicolas Jozefowicz
- Vice-président 1 (bulletin) : Olivier Spanjaard
- Vice-président 2 (site web) : Christophe Rapine
- Vice-président 3 (4'OR et relations internationales) : Luce Brotcorne
- Chargé de mission pour la promotion de la RO/AD : Laurent Alfandari



## Modélisation des marchés de commodité énergétique : Les modèles de fondamentaux

Sébastien Lepaul<sup>1</sup>

sebastien.lepaul@edf.fr

Le groupe EDF comme la plupart des producteurs d'électricité à travers le monde dispose d'un parc de production électrique avec une proportion importante de centrales thermiques. Ces moyens de production peuvent être alimentés en uranium, charbon, gaz ou pétrole. Les coûts variables des unités de production électrique dépendent donc fortement des prix des commodités énergétiques. En Europe, les énergéticiens sont en concurrence. Bien connaître les marchés des commodités énergétiques (charbon, gaz, pétrole et uranium) constitue un avantage dans cette compétition.

Depuis 2008, les marchés des commodités énergétiques (charbon, gaz, pétrole, uranium) sont très chahutés. En 2008, l'engouement des traders pour ces produits a accentué l'envolée des prix déjà amorcée par une forte croissance de la demande des pays asiatiques. Depuis le début de la crise des subprimes, la demande mondiale en énergie est plus atone et les prix sont revenus à des niveaux plus raisonnables. Dans ce contexte de variations brutales, un énergéticien a besoin d'anticiper le comportement des marchés des commodités par une connaissance fine des mécanismes de formation des prix. Une manière d'y parvenir consiste à développer pour chaque commodité des outils logiciels donnant accès aux composantes des prix actuels ou futurs et également aux flux d'échanges.

Par conséquent, en appui des entités trading du groupe EDF, la direction de la recherche et du développement du groupe EDF est chargée de proposer des modèles de prévision des prix des commodités. Ces modèles peuvent être classés en trois grandes familles : les modèles statistiques, les modèles financiers et les modèles structurels ou dits de fondamentaux.

Ici, nous nous intéressons plus particulièrement aux modèles de fondamentaux. Ce sont des modèles basés sur un équilibre entre l'offre et la demande obtenu à partir d'une optimisation mathématique. L'optimisation mathématique repose soit sur une minimisation des coûts soit sur une maximisation

des profits. La richesse de ces modèles repose tout d'abord sur une connaissance fine des fondamentaux de l'offre du marché de commodité (coûts d'extraction, coûts de traitement, coûts de logistique, coûts de stockage, coûts d'investissement, durée de vie des actifs, etc.). C'est en ce sens que ces modèles sont désignés comme modèles de fondamentaux. La demande dans ces modèles constitue également une brique essentielle puisque le prix de la commodité étudiée résultera de l'équilibre entre l'offre et la demande.

Ces modèles couvrent un large spectre temporel allant de l'horizon court-terme celui de l'horizon de marché, c'est-à-dire de 2 à 3 ans à l'horizon long-terme, celui de la prospective énergétique (plusieurs décennies). Sur un horizon court terme, les modèles sont en général déterministes tandis que sur un horizon long terme, ils intègrent les aléas possibles sur l'offre ou/et sur la demande avec des versions dites stochastiques.

Ces modèles doivent également intégrer des contraintes spatiales à des échelles différentes. Par exemple, le marché du charbon vapeur, charbon dédié à la production électrique principalement, est un marché sur la plaque mondiale tandis le marché du gaz est beaucoup plus local. Le marché du gaz aux Etats-Unis n'est en principe pas connecté au marché du gaz européen ou japonais. A titre d'exemple, aujourd'hui, les prix du gaz aux Etats-Unis sont 2 fois moins élevés qu'en Europe et 5 fois moins élevés qu'au Japon.

Le mode d'organisation des acteurs du marché de commodité est également à prendre en compte dans la modélisation. La modélisation sera différente selon que l'on considère un marché en concurrence pure et parfaite ou que l'on considère un marché en concurrence imparfaite. En concurrence parfaite, il est possible d'identifier le coût marginal de production au prix. Ceci n'est plus vrai en concurrence imparfaite où il existe un mark-up à modéliser en prenant en compte un pouvoir de marché des acteurs. Dans ce dernier cas, la demande inverse doit

---

1. EDF R&D – Département OSIRIS.

être intégrée de manière endogène au modèle.

Pour illustrer cette diversité de modélisation, nous proposons dans la suite de considérer un marché de commodités : le marché du charbon vapeur sur la plaque mondiale. Pour ce marché, nous décrivons trois exemples de modélisation. Ces exemples correspondent à des réalisations de la R&D du groupe EDF pour ses entités trading.

**Eléments de contexte :** Le marché du charbon vapeur est un marché d'échange sur la plaque mondiale. Il y a environ 7 milliards de tonnes de charbon produites dans le monde mais seulement 800 millions de tonnes sont échangées principalement via les réseaux maritimes. Nous proposons ici de décrire trois modélisations de ce marché : une version long terme déterministe en concurrence parfaite, une version long terme stochastique en concurrence parfaite et une version long terme déterministe en concurrence imparfaite.

**Modèle charbon vapeur en version long terme déterministe :** Dans cette version, la production, le transport et les investissements s'organisent pour répondre à la demande aux moindres coûts. Concrètement, on considère pour chaque pays producteurs dans le monde (une quinzaine de pays environ dans le modèle), le parc de production et la logistique interne au pays avant l'exportation au port. Ceci consiste à répertorier les mines et les voies de transport et à associer un coût de production et une capacité de production pour les mines et un coût de transport et une capacité de transport pour les routes. Dans une vision long-terme, il faut également prendre en compte les coûts d'investissement pour les futures mines. La topologie générale du modèle est constituée de nœuds symbolisant une mine ou un lieu de transit ou un port d'exportation (pour un pays producteur) ou un port d'importation (pour un pays demandeur). Les nœuds sont reliés entre eux par des routes terrestres (à l'intérieur d'un pays producteur) ou maritimes (entre un pays producteur et un pays demandeur). A chaque nœud est associée une équation d'équilibre des flux à travers le nœud. Autrement dit, tout ce qui pénètre dans un nœud doit être égal à tout ce qui en ressort. A partir des coûts, on constitue une fonction objectif qui somme tous les coûts du système sur tous les pas de temps (le pas de temps est annuel de 2000 à 2035). Cette fonction objectif associée aux contraintes de capacités de production et de transport et d'équilibre en chaque nœud constitue un problème d'optimisation linéaire et continue à partir duquel il est possible à chaque nœud

d'évaluer les quantités produites et transportées. Les variables duales associées à l'équation d'équilibre à chaque nœud peuvent s'interpréter économiquement comme un coût marginal et donc en concurrence pure et parfaite à un prix. Dans ce modèle, il est également possible d'indexer les coûts de production et de transport au prix du pétrole, de l'acier, de la main d'œuvre locale, des réparations dans les mines, des pneus, etc. Pour fixer les idées, ce type de modèle comporte environ 400 mines avec une production annuelle de plus de 1 million de tonnes et 300 routes d'échanges. La demande est ici inélastique et exogène. Les sorties du modèle sont les coûts marginaux, les volumes de production, d'échanges et d'investissement. Tous ces résultats sont spatialement et temporellement localisés.

**Modèle charbon vapeur en version long terme stochastique :** Il est possible d'intégrer au premier modèle décrit ci-dessus une modélisation stochastique de la demande. Par exemple, on peut considérer qu'au-delà de l'horizon court terme (3 à 5 ans) la demande n'est plus connue de manière certaine mais seulement au travers de scénarios de demande. Dans ce cas, on peut construire un arbre de scénarios sur lequel on décline la modélisation précédente. Concrètement, l'arbre sera constitué d'un tronc principal et de branches, une branche par scénario. Sur la partie centrale de l'arbre (l'horizon court-terme), on peut considérer qu'il existe une seule demande et dans ce cas, on retrouve la modélisation précédente. En revanche, sur chaque branche de l'arbre (horizon long-terme), la demande sera différente et chaque demande peut avoir une probabilité d'occurrence à laquelle on associe un poids. Dans ce cas, la fonction objectif sera construite en espérance. L'arbre peut avoir la propriété en plus d'être glissant, c'est-à-dire qu'on peut le construire sur une partie du domaine temporel des données. Cela revient à faire autant d'optimisations que de glissements possibles de l'arbre de scénarios. Avec cette manière de procéder, on ne conserve que les résultats à la racine de l'arbre à chaque nouveau glissement de l'arbre.

**Modèle charbon vapeur en version long terme en concurrence imparfaite :** Dans les deux précédentes modélisations en supposant une organisation en concurrence pure et parfaite, nous avons implicitement considéré que le nombre de producteurs de charbon étaient très grand. Et dans ce cas, chaque producteur est dit "price taker". Autrement dit, sa production ne peut pas modifier le prix du charbon sur la place mondiale. Si on consi-

dère un nombre fini de producteurs (concentration des acteurs miniers au fil du temps par exemple) alors les producteurs peuvent éventuellement exercer un pouvoir de marché et ainsi être “price maker”. Le prix n’est alors plus égal au coût marginal. Des jeux d’acteurs peuvent apparaître. Il est possible de modéliser ces jeux d’acteurs en considérant  $N$  producteurs maximisant leur profit propre. Cela revient à résoudre  $N$  problèmes d’optimisation corrélés. La corrélation apparaît à travers le prix de marché qui va dépendre de la somme de toutes les quantités produites par les producteurs. Le prix dans ce modèle ne peut plus être exogène. Il faut l’intégrer dans le modèle. Pour cela, il est nécessaire en amont du modèle d’optimisation de construire une demande pour chaque niveau de prix. Ici, nous avons choisi

de ne pas faire appel à des demandes analytiques mais à des demandes modélisées. Pour chaque pays de demande, la demande modélisée va dépendre des prix du charbon futur mais elle peut dépendre également des prix du gaz et du pétrole. Avec cette triple dépendance, il est alors possible d’intégrer des substitutions entre les commodités. La demande est ensuite inversée et elle est intégrée au modèle d’optimisation. On suppose ici que les producteurs sont dans une compétition à la Cournot-Nash. Dans ce contexte, il est possible de résoudre les  $N$  problèmes d’optimisation corrélés dans un formalisme mathématique synthétique appelé “Mixed Complementary Problem” faisant appel aux conditions d’optimalité de Karush-Kuhn-Tucker.



## Complexité des jeux

**Edouard Bonnet**<sup>1</sup> edouard.bonnet@dauphine.fr  
**Abdallah Saffidine**<sup>2</sup> abdallahs@cse.unsw.edu.au

Les jeux exercent une fascination sur la plupart des mathématiciens et des informaticiens, ainsi que sur toute personne aimant essayer de résoudre des problèmes. Si certains auteurs appellent *jeu* tout problème de décision [11], nous essayerons dans cet article de nous limiter à des problèmes de décision comportant une dimension ludique majeure, aussi vague soit cette définition [13]. Nous distinguerons les puzzles tels le Rubik's cube ou le Sudoku et les jeux à deux joueurs (et information parfaite et complète) tels les Échecs ou les Dames.

L'objectif de cet article est de rappeler quelques définitions et résultats autour de la complexité des jeux et puzzles et de fournir des liens vers des articles plus détaillés sur le sujet. Après avoir défini de manière informelle ce que sont puzzles et jeux et ce que signifie résoudre un jeu, nous présenterons les 3 mesures de complexité des jeux les plus courantes, à savoir la complexité de l'espace d'états et de l'arbre de jeu d'une part et la complexité computationnelle d'autre part. En conclusion, une table synthétique résumera les complexités de jeux et puzzles populaires.

**Définitions.** Informellement, un jeu est défini par une position *initiale*, un ensemble de *règles* qui fixe quels sont les coups légaux pour chacun des joueurs et des positions *terminales* associées à un *résultat* pour chaque joueur (souvent gain, perte, et éventuellement partie nulle). Dans la suite, on s'intéressera principalement à des jeux à 1 ou à 2 joueurs, à information complète et parfaite. Une *partie* est une séquence décrivant tous les coups de la position initiale à une position terminale. Une stratégie (gagnante) pour un jeu à 1 joueur, ou *puzzle*, est tout simplement une partie (gagnante). Une stratégie pour Joueur 1 dans un jeu à 2 joueurs est un objet plus complexe : c'est un arbre enraciné en la position courante, tel que les nœuds internes sont partitionnés en  $N_1 \cup N_2$ .  $N_1$  correspond aux positions où le *trait* est à Joueur 1 et ont pour seul fils le coup choisi par celui-ci.  $N_2$  correspond aux positions où le trait est à Joueur 2 (l'adversaire) et ont pour fils tous les coups légaux de Joueur 2. La stratégie est gagnante si toutes les feuilles de l'arbre

sont des positions terminale gagnantes.

Une position  $p$  du jeu est gagnante s'il existe une stratégie gagnante pour Joueur 1 enracinée en  $p$ .

On peut maintenant distinguer 3 types de résolutions pour les jeux. Un jeu est *ultra-faiblement* résolu si l'on sait si la position initiale est gagnante, par exemple le jeu de Hex est ultra-faiblement résolu pour toutes les tailles, mais on ne connaît pas de stratégie gagnantes pour les positions initiales de tailles suffisamment grandes. Autrement dit, la preuve que la position initiale est gagnante est non-constructive. Un jeu est *faiblement* résolu si l'on connaît la valeur de la position initiale et que l'on a accès à une stratégie garantissant cette valeur pour chaque joueur. Par exemple, les dames anglaises ont été faiblement résolues en 2007, et il existe un programme garanti d'obtenir la partie nulle qu'il ait les blancs ou les noirs. Un jeu est *fortement* résolu si l'on connaît la valeur de toutes les positions légales du jeu. Par exemple, de nombreuses fins de parties aux échecs sont résolues fortement ; en particulier, toutes les positions à 7 pièces ou moins.

Ces définitions ne peuvent que rester informelle à cause de l'expression "avoir accès". En théorie, le raisonnement rétrograde donne la valeur de toutes les positions d'un jeu fini, mais en pratique on souhaite un accès quasi-instantané à la solution.

### Complexité de l'espace d'états et de l'arbre de jeu

Dans le cadre de sa thèse, Victor Allis a proposé deux mesures de la complexité de jeux devenues classiques [1]. La complexité de l'espace d'états d'un jeu est le nombre de positions différentes possibles pour le jeu. Une borne supérieure est souvent facile à obtenir en considérant les différents types de pièces/marqueurs et leurs positions sur le plateau. Par exemple, le morpion est joué sur un plateau de 9 cases, et chacune peut être marquée de 3 manières différentes (X, O, non-marquée). La taille de l'espace d'états est inférieure à cette borne supérieure de  $3^9 = 19683$  car certaines positions ainsi envisagées ne sont pas légales : le nombre de croix ne peut qu'être égal ou supérieur de 1 au nombre de ronds, et certaines configurations avec plusieurs lignes ga-

1. LAMSADE, Université Paris-Dauphine, Paris, France

2. University of New South Wales, Sydney, Australie

gnantes ne sont pas possibles non plus. Une analyse plus fine de ce jeu permet d'établir que le nombre exact de positions légales différentes est 5478, sans tenir compte des symétries [1].

Lorsqu'une analyse fine est impossible, une méthode de Monte-Carlo permet d'obtenir une approximation du nombre de positions à partir d'une borne supérieure  $B$  et d'un prédicat déterminant si une position donnée est légale ou non. On commence par générer aléatoirement un nombre de positions candidates  $C$ , puis on compte le nombre de positions légales  $L$  parmi ces positions candidates. Ce ratio appliqué à la borne supérieure donne une estimation de la taille de l'espace d'états  $\simeq BL/C$ .

Soit  $h$  la hauteur de l'arbre de solution le moins profond d'un jeu donné. La complexité de l'arbre de jeu de ce jeu est le nombre de feuilles d'un arbre totalement développé jusqu'à profondeur  $h$ . Cette mesure de complexité est également difficile à calculer de manière exacte, néanmoins une approximation brute est possible. Il suffit pour cela d'estimer le facteur de branchement moyen  $\bar{b}$  et la longueur moyenne d'une partie  $\bar{h}$  et de prendre  $\bar{b}^{\bar{h}}$ . Dans le cadre des puzzles, la complexité de l'arbre de jeu est obtenue en prenant la moyenne du facteur de branchement sur différentes instances et la moyenne de la longueur de la solution la plus courte de ces différentes instances.

## Complexité Computationnelle

**Modèles et intuition.** Un jeu définit naturellement un langage : celui des positions gagnantes pour le Joueur 1. C'est la complexité de ce langage qui est le plus souvent analysée, même si on peut tout à fait se poser d'autres questions (quelle est la complexité du langage des parties gagnables en un nombre constant de coups? en un nombre polynomial de coups?). On préfère souvent réfléchir en terme de *problèmes* que de *langages*. Le problème associé est : étant donné le codage binaire d'une position, déterminer l'existence d'une stratégie gagnante pour Joueur 1. Quand on s'interroge sur la complexité computationnelle d'un jeu à 1 ou 2 joueurs, une question primordiale à se poser est : peut-on toujours trouver une stratégie gagnante dont les parties sont de longueur polynomiale? Autrement dit, pour un puzzle, y a-t-il toujours une solution de longueur polynomiale? Et pour un jeu à 2 joueurs, y a-t-il un arbre (*i.e.*, une stratégie) gagnant de profondeur polynomiale?

En effet, on peut montrer les résultats d'appar-

tenance consignés en Table 1, et souvent la complétude pour la classe s'obtient également. Il existe bien sûr des exceptions : le jeu de Nim n'est pas PSPACE-complet (si  $P \neq PSPACE$ ) mais dans  $P$  [4]. Ce jeu présente plusieurs symptômes de résolution polynomiale : acyclicité des parties, impartialité (les coups légaux d'un joueur et de son adversaire sont les mêmes), unicité de la position terminale, etc. Pour plus de détails sur ce qui rend facile ou difficile un jeu, le lecteur peut se référer à [8].

Les puzzles à solution de longueur polynomiale (comme Sudoku, Tetris [13], etc.) sont dans NP car une plus courte partie gagnante est un certificat polynomial.<sup>3</sup> Les puzzles à solution de longueur exponentielle (comme Sokoban ou Rush Hour [6, 12, 7]) et les jeux à 2 joueurs dont les parties sont polynomialement bornées (tels Hex, Havannah et TwixT, Amazons [15, 2, 10], ou encore le Bridge [3]) ont la même complexité : ils sont PSPACE-complets, mais c'est une petite *coïncidence* en partie due à  $NPSPACE=PSPACE$  [17] et  $PSPACE=APTIME$  [5]. En effet, pour les puzzles à solution non nécessairement polynomiale, on peut encoder l'état courant du puzzle sur le ruban d'une machine de Turing et deviner (puisque  $NPSPACE=PSPACE$  [17]) le premier coup d'une plus courte partie gagnante commençant en l'état courant. Au cours de l'exécution, le ruban contient seulement la position courante qui est, de fait, polynomiale en la description du problème.

Les jeux à 2 joueurs dont les parties sont polynomialement bornées sont dans PSPACE car on peut dérouler sur le ruban chaque partie (=branche) de l'arbre complet du jeu; et ce, en espace polynomial (un nombre polynomial de positions polynomialement représentables). Certes, l'arbre contient un nombre exponentiel de parties, mais au cours de l'exécution, le ruban ne contient qu'une seule partie. Les jeux à 2 joueurs dont les parties peuvent être de longueur exponentielle (comme les Échecs [9], le Go [16]) sont dans EXPTIME car résoudre le jeu d'accessibilité sur le graphe des positions se fait en temps polynomial en la taille du graphe, c'est-à-dire exponentiel. Remarquons qu'on peut inférer la deuxième ligne de la table 1 à partir de la première ligne avec les résultats  $APTIME=PSPACE$  et  $APSPACE=EXPTIME$  [5].

Cela constitue les arguments classiques pour les résultats d'appartenance (ou de facilité). Voyons maintenant comment montrer des résultats de complétude (ou de difficulté).

3. Si, comme pour les jeux usuels, le nombre de coups légaux dans une position donnée est au plus simplement exponentiel.

TABLE 1 – Complexité des jeux.

longueur des parties	polynomiale	exponentielle
1 joueur	NP(-c)	PSPACE(-c)
2 joueurs	PSPACE(-c)	EXPTIME(-c)

**QBF.** QBF (quantified boolean formula, en anglais) est le problème de satisfaction d’une formule logique quantifiée universellement et existentiellement. Ce problème est le “premier” problème PSPACE-complet, comme SAT est le “premier” problème NP-complet. On peut voir QBF comme un jeu à 2 joueurs entre un joueur Existentiel et un joueur Universel, qui fixent à tour de rôle la valeur des variables. Par exemple, si la formule est  $\psi = \exists x_1 \forall x_2 \exists x_3 \forall x_4 \dots \phi(x_1, x_2, x_3, x_4, \dots)$ , le joueur Existentiel choisit la valeur de  $x_1$ , puis le joueur Universel choisit la valeur de  $x_2$ , et ainsi de suite. Quand toutes les variables ont été fixées, Universel choisit une clause de  $\phi$  et Existentiel choisit un littéral de cette clause. Existentiel gagne si le littéral qu’il choisit à la fin est satisfait (et perd sinon). On constate assez facilement que  $\psi$  est vraie ssi Existentiel a une stratégie gagnante. Cela a permis de montrer que les jeux sur les graphes Géographie Généralisée et Node Kayles étaient PSPACE-complets [18].

**Géographie Généralisée.** *Géographie Généralisée* est un jeu à 2 joueurs sur un graphe dirigé. Un jeton est initialement placé sur un sommet du graphe. A tour de rôle, les joueurs déplacent le jeton du sommet courant à un sommet successeur. Après chaque coup, le sommet duquel est parti le jeton est retiré du graphe, ainsi que tous les arcs qui lui étaient incidents. Si un joueur ne peut plus jouer (car le jeton est sur un sommet dépourvu d’arc sortant), il perd la partie. Géographie Généralisée est PSPACE-complet sur les graphes bipartis de degré 3 [18], et même sur les graphes bipartis *planaires* de degré 3 [14]. Ce dernier résultat est très pratique [10, 2] car il permet de montrer la PSPACE-difficulté d’un jeu avec des gadgets de  $(i, j)$ -sommets pour les couples d’entier  $(i, j) \in \{(0, 2), (1, 1), (1, 2), (2, 1)\}$  où un  $(i, j)$ -sommet est un sommet de degré entrant  $i$  et de degré sortant  $j$ . Le  $(0, 2)$ -sommet est le sommet initial. Les  $(1, 2)$  et  $(2, 1)$ -sommets sont les autres sommets du graphe. Et deux  $(1, 1)$ -sommets mis bout à bout permettent d’encoder une arête du graphe.

**Constraint Logic.** Les deux derniers paragraphes étaient en fait consacrés à la PSPACE-complétude des jeux à 2 joueurs dont les parties sont de taille polynomiale. Quid des autres jeux et des autres classes de complexité? Les auteurs du livre [11] présentent un framework assez complet pour dériver des résultats de difficulté allant de P-difficulté à l’indécidabilité à partir de jeu sur des graphes où le(s) joueur(s) retourne(nt) des arcs sous certaines contraintes de flot entrant, avec comme but d’arriver à retourner une arête en particulier. Ce framework est puissant mais, curieusement, n’a pas encore été utilisé par d’autres que leurs auteurs.

## Conclusion

La Table 2 résume les complexités d’états, d’arbre de jeu, et computationnelles de quelques jeux et puzzle populaires.<sup>4</sup> La référence originale de la plupart des résultats de la Table 2 peut se trouver dans [12] ou [19].

La complexité computationnelle s’intéresse aux versions généralisées des jeux. Certains jeux peuvent facilement être généralisés à des tailles arbitrairement grandes. Par exemple, si l’on peut concevoir le jeu de Go sur un plateau  $n \times n$  pour tout entier  $n$ , la généralisation d’Awalé ou du jeu de Backgammon est plus sujette à caution.

À l’inverse, les complexités de l’espace d’états et de l’arbre de jeu, se concentrent sur une taille de jeu particulière. Par conséquent, on obtient des complexités différentes pour le jeu de Go sur plateau  $9 \times 9$  et  $19 \times 19$ .

## Références

- [1] L. V. Allis. *Searching for Solutions in Games an Artificial Intelligence*. PhD thesis, Vrije Universitat Amsterdam, 1994.
- [2] É. Bonnet, F. Jamain, and A. Saffidine. Havanah and Twixt are PSPACE-complete. In *8th International Conference on Computers and Games (CG)*. August 2013.
- [3] É. Bonnet, F. Jamain, and A. Saffidine. On the complexity of trick-taking card games. In

4. Une liste plus exhaustive se trouve sur [http://en.wikipedia.org/wiki/Game\\_complexity](http://en.wikipedia.org/wiki/Game_complexity).

TABLE 2 – Différentes complexités pour quelques jeux et puzzles populaires. Les complexités de l'espace d'états et de l'arbre de jeu sont exprimées en logarithme à base 10.

Nombre de joueurs	Longueur des parties	Jeu ou puzzle (taille standard)	Complexité			
			Espace d'états	Arbre de jeu	Computationnelle	
1 joueur		Rubik's cube ( $3 \times 3 \times 3$ )	19	20	?	
	Polynomiale	Taquin ( $5 \times 5$ )	25	$>37$	NP-complet	
		SameGame ( $15 \times 15$ )	159	85		
	Exponentielle	Sokoban ( $20 \times 20$ )	98	280	PSPACE-complet	
2 joueurs	Polynomiale	Tic-tac-toe ( $3 \times 3$ )	3	5	PSPACE-complet	
		Othello ( $8 \times 8$ )	28	58		
		Hex ( $11 \times 11$ )	57	98		
		Gomoku ( $15 \times 15$ )	105	70		
		Havannah ( $10 \times 10 \times 10$ )	127	157		
		Amazons ( $10 \times 10$ )	40	212		
			Bridge ( $4 \times 13$ )	$<17$	$<40$	
	Exponentielle		Checkers ( $8 \times 8$ )	18	31	EXPTIME-complet
			Dames ( $10 \times 10$ )	30	54	
			Échecs ( $8 \times 8$ )	47	123	
		Shogi ( $9 \times 9$ )	71	226		
		Go ( $19 \times 19$ )	171	360		

- 23rd International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI)*, 2013.
- [4] C. L. Bouton. Nim, a game with a complete mathematical theory. *Annals of Mathematics*, 3(1) :35–39, 1901.
- [5] A. K. Chandra, D. C. Kozen, and L. J. Stockmeyer. Alternation. *Journal of the ACM*, 28(1) :114–133, 1981.
- [6] J. C. Culberson. Sokoban is PSPACE-complete. In *Proceedings in Informatics*, volume 4, pages 65–76, 1999.
- [7] G. W. Flake and E. B. Baum. *Rush Hour* is PSPACE-complete or “why you should generously tip parking lot attendants”. *Theoretical Computer Science*, 270(1) :895–911, 2002.
- [8] A. S. Fraenkel. Nim is easy, chess is hard — but why?? *ICGA Journal*, 29(4) :203–206, 2006.
- [9] A. S. Fraenkel and D. Lichtenstein. Computing a perfect strategy for  $n \times n$  Chess requires time exponential in  $n$ . *Journal of Combinatorial Theory, Series A*, 31(2) :199–214, 1981.
- [10] T. Furtak, M. Kiyomi, T. Uno, and M. Buro. Generalized Amazons is PSPACE-complete. In *19th International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI)*, pages 132–137, 2005.
- [11] R. A. Hearn and E. D. Demaine. *Games, Puzzles, and Computation*. A K Peters, July 2009.
- [12] A. Junghanns and J. Schaeffer. Sokoban : Enhancing general single-agent search methods using domain knowledge. *Artificial Intelligence*, 129(1) :219–251, 2001.
- [13] G. Kendall, A. J. Parkes, and K. Spoerer. A survey of NP-complete puzzles. *ICGA Journal*, 31(1) :13–34, 2008.
- [14] D. Lichtenstein and M. Sipser. Go is polynomial-space hard. *Journal of the ACM*, 27(2) :393–401, 1980.
- [15] S. Reisch. Hex ist PSPACE-vollständig. *Acta Informatica*, 15(2) :167–191, 1981.
- [16] J. M. Robson. The complexity of Go. In *IFIP*, pages 413–417, 1983.
- [17] W. J. Savitch. Relationships between non-deterministic and deterministic tape complexities. *Journal of Computer and System Sciences*, 4(2) :177–192, 1970.
- [18] T. J. Schaefer. On the complexity of some two-person perfect-information games. *Journal of Computer and System Sciences*, 16(2) :185–225, 1978.
- [19] H. J. van den Herik, J. W.H.M. Uiterwijk, and J. van Rijswijk. Games solved : Now and in the future. *Artificial Intelligence*, 134(1) :277–311, 2002.

## L'optimisation et la RO s'ORganisent à Toulouse

Marcel Mongeau<sup>1</sup>

marcel.mongeau@enac.fr



La communauté Optimisation et Recherche Opérationnelle toulousaine existe depuis de nombreuses années; elle a toujours été très diverse et est disséminée dans divers laboratoires des trois universités et des écoles d'ingénieurs toulousaines ainsi que dans les organismes de recherche. Mentionnons ces principales équipes de chercheurs :

- APO (IRIT - Institut de Recherche en Informatique de Toulouse)
- BIA (INRA - Institut National de recherche en Agronomie)
- DMIA (ISAE - Institut Supérieur de l'Aéronautique et de l'Espace)
- DCSD (ONERA)
- DTIM (ONERA)
- MAC (LAAS-CNRS)
- MAIAA (ENAC - École Nationale de l'Aviation Civile)
- ROC (LAAS-CNRS) (ex-MOGISA, voir [1])
- Optimisation & Interactions (IMT - Institut de Mathématiques de Toulouse)
- Parallel Algorithms (CERFACS).

Ces dernières années les membres de la communauté Optimisation et Recherche Opérationnelle toulousaine se sont rapprochés au sein d'un réseau, d'un séminaire régulier et même d'un laboratoire virtuel sur lequel s'est adossé un nouveau master recherche (M2R) en Recherche Opérationnelle. Nous décrivons ici brièvement ces **structures récentes** et nous présentons de plus le nouveau laboratoire de recherche MAIAA (Mathématiques Appliquées, Informatique et Automatique pour l'Aérien) de l'ENAC (École Nationale de l'Aviation Civile).

### 1 La liste d'envoi [ROAD-T]

Au début des années 2000, les collègues en RO se sont réunis électroniquement par l'entremise d'une liste d'envoi, [ROAD-T] [7], tenant chacun au courant des séminaires en RO/AD ayant lieu dans la région toulousaine. Cette liste regroupe actuellement près de **200 collègues, thésards et industriels en R&D intéressés par la RO/AD**. En plus de nous informer des travaux de recherche issus du terroir toulousain, [ROAD-T] nous permet de mutualiser le bénéfice de la venue d'invités prestigieux dans un de nos laboratoires.

### 2 Le laboratoire virtuel TORO



Toulouse Optimisation et Recherche Opérationnelle (et en anglais *Toulouse Operations Research & Optimization*) est un regroupement informel de chercheurs visant à fournir une **vitrine de l'Optimisation et de la RO toulousaine** principalement sous la forme d'un site internet [9] avec des hyper-liens vers ses membres, leurs publications, leurs laboratoires de recherche, le séminaire SPOT (décrit plus bas) et vers le nouveau M2R en RO toulousain (aussi présenté dans la suite). TORO réunit principalement les collègues spécialistes de l'Optimisation et de la Recherche Opérationnelle des trois grands laboratoires toulousains que sont

1. ENAC, laboratoire MAIAA, Toulouse

l'IMT, l'IRIT et le LAAS-CNRS ainsi que ceux du Département Mathématiques, Informatique, Automatique de l'ISAE et du nouveau laboratoire MAIAA de l'ENAC.

### 3 Le laboratoire MAIAA de l'ENAC

L'École Nationale de l'Aviation Civile (ENAC) est un Établissement Public Administratif (EPA) sous tutelle du Ministre chargé des Transports. Depuis 2011, la Direction Générale de l'Aviation Civile (DGAC) a délégué toute sa recherche à son école d'ingénieur, l'ENAC. La direction de l'École a mené ces dernières années une politique de développement et de rationalisation de sa recherche qui a conduit à l'émergence de quatre laboratoires. Parmi eux, on compte le laboratoire MAIAA [5] (**Mathématiques Appliquées, Informatique et Automatique pour l'Aérien**), créé en 2011 et sous la responsabilité de Stéphane Puechmorel.

MAIAA est composé de 20 **enseignants-chercheurs** et d'un peu plus de doctorants. Le laboratoire est structuré en trois groupes : Optimisation (sous la responsabilité de Daniel Delahaye), Probabilités et Statistiques (Pascal Lezaud), Automatique (Félix Mora-Camino) comptant 13, 3 et 4 enseignants-chercheurs respectivement. Parmi les collègues, on compte 6 titulaires de l'Habilitation à Diriger des Recherches (HDR) : Nicolas Durand, Marcel Mongeau, Felix Mora-Camino, Sonia Cafieri, Daniel Delahaye et Stéphane Puechmorel, ces trois derniers ayant soutenu leur HDR [2, 3, 6] en 2012. Les autres enseignants-chercheurs du laboratoire sont : Cyril Allignol, Nicolas Barnier, Gilles Baroin, Antoine Drouin, Ludovic d'Estampes, David Gianazza, Alexandre Gondran, Jean-Baptiste Gotteland, Gauthier Hattenberger, Pascal Lezaud, Catherine Mancel, Thierry Miquel, Florence Nicol et Mohammed Sbihi.

Les **thèmes scientifiques** du laboratoire incluent la modélisation, la programmation linéaire et non-linéaire mixtes en nombres entiers, l'optimisation numérique, l'algorithmique, les méta-heuristiques, la programmation par contraintes, les méthodes d'optimisation globale par intervalles, les algorithmes de simulation d'événements rares, l'apprentissage, la statistique, la commande optimale et l'analyse et la décision multicritère pour les systèmes distribués.

Parmi les **domaines applicatifs** sur lesquels se concentre le laboratoire MAIAA, notons : la modé-

lisation, la planification et les modèles de prévision de trajectoires d'avion, la résolution de conflits aériens, la performance et l'optimisation pour les aéroports et pour les compagnies aériennes, la conception d'espaces aériens, l'estimation du risque dans la gestion du trafic aérien et la prise en compte de l'incertitude, la construction aéronautique et la conduite automatique du vol. Les chercheurs de MAIAA ont accès à des données pour tout ce qui a trait à l'aviation civile.

Pour ce qui concerne les **contrats et partenariats** extérieurs, MAIAA bénéficie de financements institutionnels de l'ANR, du Septième programme-cadre (FP7) de l'Europe et de SESAR (*Single European Sky Air traffic management Research*), le volet technologique du Ciel Unique Européen lancé à l'initiative de la Commission européenne. Le laboratoire MAIAA a conclu des contrats industriels avec Airbus, CapGemini, EADS-IW, Eurocontrol et Thales comprenant notamment plusieurs financements de doctorants du laboratoire. MAIAA collabore à l'international avec des collègues de la *Civil Aviation University of China*, l'*École Nationale des Sciences de l'Informatique de Tunis*, *Georgia Institute of Technology*, le *GERAD*, *IBM TJ Watson Research Center*, le *MIT*, la *NASA*, le *National Aerospace Laboratory of the Netherlands* et l'*Université fédérale de Rio de Janeiro*. Enfin, localement, MAIAA a établi des collaborations (incluant des co-encadrements de thèse) avec le LAAS-CNRS, l'IRIT, l'ISAE, l'Institut Clément Ader et l'ONERA. Le laboratoire MAIAA est depuis janvier 2013 une équipe associée à l'IMT (UMR 5219 du CNRS).

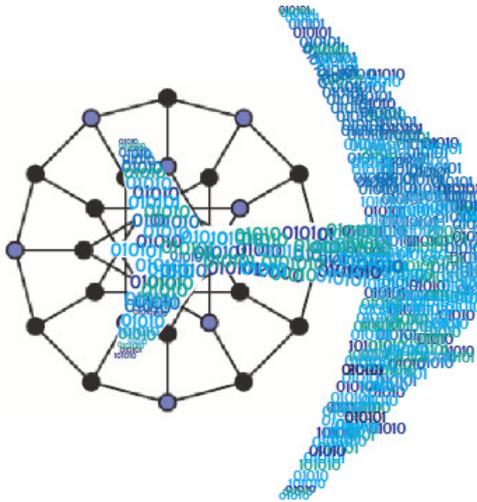
### 4 Le séminaire SPOT



Le **Séminaire Pluridisciplinaire d'Optimisation de Toulouse (SPOT)**, qui a débuté en octobre 2012, est un séminaire mensuel qui a lieu (sauf exception) de 14h à 16h le premier lundi de chaque mois dans les locaux de l'ENSEEIH, au centre-ville. SPOT consiste en deux présentations de type différent : une orientée fondements et l'autre

orientée applications, ou un conférencier prestigieux venu de l'extérieur de Toulouse et un autochtone, ou bien encore, un collègue du milieu académique suivi d'un chercheur de l'industrie et des services, etc. Le programme se trouve sur l'URL [8].

## 5 Le nouveau M2R RO toulousain



Notre communauté a profité de la dynamique mise en place par l'organisation enthousiaste du congrès ROADEF 2010 à Toulouse pour concrétiser un projet qui datait de plusieurs années : la mise en place d'un master en RO. Il y a une **demande régionale très forte** des industriels pour des ingénieurs compétents en RO et les collègues toulousains déploieraient le manque de vivier de doctorants potentiels formés à ce domaine.

Le master recherche RO toulousain a démarré en septembre 2012 avec une très modeste promotion (dû à son ouverture officielle tardive en juillet 2012) formée essentiellement d'élèves-ingénieurs inscrits au double diplôme dans les **écoles co-habilitées (ENAC, INSA, ISAE, ENSEEIHT)**. Notre seconde promotion est constituée de 16 étudiants. Le M2R RO est géré par l'ENAC et la majorité des cours proposés sont mutualisés avec des cours de dernière année des écoles d'ingénieurs toulousaines. Formellement, notre formation est un des parcours du M2R toulousain *Informatique & Télécommunications* porté par l'**Université Paul Sabatier**.

Le M2R RO est adossé au groupe informel de recherche toulousain TORO décrit plus haut. Nous avons un **partenariat privilégié avec Montréal** concrétisé par des accords avec le CIRRELT et le GERAD. En plus d'être un des principaux centres

mondiaux de recherche et de formation dans le domaine de la RO, Montréal est la 3e capitale de l'aéronautique (siège de Bombardier, de l'OACI et de l'AITA), en phase avec la **couleur aéronautique** du M2R RO toulousain.

Enfin, nous profitons de cette tribune pour remercier les nombreux ingénieurs/chercheurs de l'industrie et des services, membres de ROADEF, qui nous ont soutenus en rédigeant quelques lignes pour convaincre les candidats potentiels au M2R RO toulousain de l'importance de la RO et de ses applications (à lire sous l'onglet "Débouchés" du site web du M2R RO [4]).

## Références

- [1] Christian Artigues and Pierre Lopez. Le groupe MOGISA du LAAS-CNRS. *Le Bulletin ROADEF*, 27 :12–14, 2011.
- [2] Sonia Cafieri. *From Local to Global and back : A closed walk in Mathematical Programming and its Applications*. HDR soutenue le 10 décembre 2012 à l'ENAC, Toulouse. [http://maiaa.recherche.enac.fr/HDR\\_SoniaCafieri.pdf](http://maiaa.recherche.enac.fr/HDR_SoniaCafieri.pdf).
- [3] Daniel Delahaye. *Modélisation et optimisation du trafic aérien*. HDR soutenue le 15 mars 2012 à l'ENAC, Toulouse. [http://maiaa.recherche.enac.fr/HDR\\_Daniel\\_Delahaye.pdf](http://maiaa.recherche.enac.fr/HDR_Daniel_Delahaye.pdf).
- [4] M2R RO. Master recherche (M2R) toulousain de Recherche opérationnelle. <http://m2rit-ro.recherche.enac.fr>.
- [5] MAIAA. Laboratoire de recherche Mathématiques Appliquées, Informatique et Automatique pour l'Aérien de l'ENAC. <http://maiaa.recherche.enac.fr>.
- [6] Stéphane Puechmorel. *Modèles dynamiques - Applications au trafic aérien*. HDR soutenue le 17 décembre 2012 à l'ENAC, Toulouse.
- [7] [ROAD-T]. Liste d'envoi électronique d'annonces de séminaires en recherche opérationnelle/aide à la décision ayant lieu dans la région toulousaine. Envoyer un courriel à [marcel.mongeau@enac.fr](mailto:marcel.mongeau@enac.fr) pour y être ajouté.
- [8] SPOT. Séminaire Pluridisciplinaire d'Optimisation de Toulouse. <http://projects.laas.fr/spot>.
- [9] TORO. Toulouse Optimisation et Recherche Opérationnelle (*Toulouse Operations Research & Optimization*). <http://www.toro-toulouse.fr>.

## Vie de l'association

### **Conférence ROADEF 2014**

communiqué par Semi Gabteni

**FORUM ROADEF - Mercredi 26 Février 2014, 18h45 - Tenez-vous prêts !**

#### **Kesako ?**

Vraie nouveauté du programme ! Nous vous offrons la possibilité, en plénière et dès le premier jour de la conférence, de présenter votre annonce dans un format très court, pour rencontrer ensuite les personnes intéressées dans le cadre du Marché Paysan où vous pourrez exposer votre annonce plus en détail avec supports à l'appui. Qu'il s'agisse d'annonces de postes, de présentations de logiciels, de challenges, d'orientations de recherche ou de projets, voire de discussions sur des problèmes ouverts...vos sujets sont les bienvenus. Certes, un minimum de cohésion éditoriale sera assuré par le comité d'organisation.

#### **Format**

Les 45 minutes du Forum nous limitent à 15 annonces de 2 minutes chacune. Deux diapositives seront autorisées par annonce. Les annonces seront organisées par thème.

#### **Prix de l'originalité**

Les conférenciers désigneront l'annonce la plus originale. Et l'auteur en sera récompensé.

#### **Soumissions**

Les annonces sont à soumettre à l'adresse suivante : <http://roadef2014.sciencesconf.org/resource/page/id/19>

---

### **ROADEF/EURO Challenge 2014 Trains don't vanish !**

communiqué par Safia Kedad-Sidhoum

Quelques nouvelles du Challenge ROADEF-EURO-SNCF 2014 en cours. Le sujet proposé par la SNCF porte essentiellement sur le routage, le stockage et la maintenance des rames dans les sites ferroviaires. Plus de 100 candidats de 18 pays sont actuellement inscrits, regroupés en 19 équipes seniors et 14 juniors. Plusieurs nouveautés ont été mises en place pour cette édition. Deux sprints (optionnels) en novembre et décembre 2013 ont été l'occasion pour les candidats de soumettre des fichiers solutions. Les équipes produisant les meilleures solutions ont d'ores et déjà été qualifiées pour la phase finale et un bonus monétaire leur sera octroyé. Ces résultats ont été publiés afin de permettre à l'ensemble des candidats de disposer de ces valeurs. Une autre nouveauté de cette édition est la mise en place d'un prix scientifique avec procédure d'arbitrage sur papier. Ce prix est ouvert à tous. Toute équipe, qu'elle soit inscrite ou non, qualifiée ou non, pourra y participer. Le prix sera décerné à la conférence EURO-IFORS 2014 à Barcelone avec présentation orale. Le but de ce prix est de promouvoir des travaux théoriques ou prometteurs comme des bornes duales, des algorithmes ou des structures de dominance pour des sous-problèmes, ainsi que des méthodes de résolution donnant des solutions ayant une très bonne valeur objective mais nécessitant des temps de calculs supérieurs à la limite fixée dans le cadre du challenge. En effet, le challenge portait auparavant exclusivement sur des résultats numériques sur les instances proposées et ne laissait pas assez de place pour que la variété des contributions et des idées scientifiques des différentes équipes puisse être valorisée.

La prochaine étape de la compétition en cours est la fin de la phase de qualification fixée au 15 Janvier 2014. La liste des équipes qualifiées ainsi qu'une mise-à-jour du sujet sera présentée le 27 Février lors de la conférence ROADEF 2014 à Bordeaux. Toutes les informations sont accessibles et actualisées sur le site du challenge : <http://challenge.roadef.org>

L'équipe challenge ROADEF : Christian Artigues, Eric Bourreau, Vincent Jost, Safia Kedad-Sidhoum. Le coordinateur du challenge pour la SNCF : François Ramond.

## Vie des groupes de travail ROADEF

---

compte rendu des activités du groupe

### ATOM : Applications et Théorie de l'Optimisation Multi-objectif

communiqué par Matthieu Basseur, Laetitia Jourdan et Thibaut Lust

ATOM est un groupe de travail du GDR-RO transversal au pôle Décision/Evaluation/Modélisation et au pôle Fondements de l'Optimisation. ATOM est également parrainé par la ROADEF. ATOM a été créé en juillet 2013 et fait suite au groupe PM2O (<http://www.lifl.fr/PM2O/>).

Les coordinateurs du groupe sont :

- Mathieu Basseur (LERIA, Université d'Angers - [matthieu.basseur@univ-angers.fr](mailto:matthieu.basseur@univ-angers.fr))
- Thibaut Lust (UPMC, LIP6 - [Thibaut.Lust@lip6.fr](mailto:Thibaut.Lust@lip6.fr))
- Laëtitia Jourdan (INRIA/ L.I.F.L., Université de Lille 1 - [laetitia.jourdan@lifl.fr](mailto:laetitia.jourdan@lifl.fr))

Les objectifs du groupe de travail ATOM sont liés à la promotion des travaux et aux échanges autour de l'Optimisation Multicritère principalement au sein de la communauté française et francophone. On retrouve ainsi au sein de ce groupe des préoccupations aussi bien académiques qu'orientées vers la résolution de problèmes industriels.

La première réunion de ce groupe a eu lieu le 29 Novembre 2013 à Jussieu (Paris). Lors de cette réunion, qui a réuni 15 participants, nous avons pu suivre les exposés suivants :

- Patrice Perny (UPMC, Paris 6). Exposé Invité : "Exploitation de modèles décisionnels dépendant du rang en optimisation multi-objectif".
- Thibaud Ecarot (ThereSIS - Thales innovation Lab) "Optimal resource allocation for distributed and connected clouds".
- Igor Machado (Inria Lille Nord Europe) "Multi-objective approaches for the open-pit mining operational planning problem".
- Anisse Ismaili (LIP6) "Bidirectional Preference-based Search for Multiobjective State Space Graph Problems".

Les informations concernant la vie du groupe sont disponibles sur la page web du groupe (<http://www.lifl.fr/ATOM>). Pour s'abonner à la liste ATOM, écrire à : [sympa@inria.fr](mailto:sympa@inria.fr), avec comme sujet : `subscribe atom Prénom Nom`.

Compte rendu des activités du groupe

### JFRO : Journées Franciliennes de Recherche Opérationnelle

communiqué par Amélie Lambert

#### Compte-Rendu de la 30<sup>ème</sup> journée JFRO

La 30<sup>ème</sup> édition des journées Franciliennes de Recherche Opérationnelle s'est déroulée le mardi 8 octobre 2013 dans les locaux du Laboratoire LIP6 de l'Université Pierre et Marie Curie. Cette journée, co-organisée avec l'aide de Nicolas Maudet (Université Pierre et Marie Curie) via l'Association Française pour l'Intelligence Artificielle (AFIA), avait pour thème "Intelligence Artificielle et Recherche Opérationnelle pour le développement durable". Elle a accueilli de nombreux participants (une soixantaine).

Cinq orateurs, venant soit du domaine de la recherche opérationnelle, soit du domaine de l'intelligence artificielle, avaient accepté de présenter leurs travaux afin de montrer comment les techniques des deux domaines peuvent aider à résoudre des problèmes liés au développement durable. De plus, le matin, **Laurent Alfandari** (ESSEC), est venu présenter la ROADEF en tant que membre de son bureau, et l'après-midi, **Yves Demazeau** (LIG/CNRS) a présenté l'AFIA en tant que président de cette association.

Comme traditionnellement aux JFRO, la journée a commencé par un tutoriel présenté par **Alain Billionnet** (Cédric-ENSIIE). Au cours de ce tu-

toriel, il a présenté plusieurs travaux traitant de la préservation de la biodiversité, à savoir l'aide que les modèles et méthodes d'optimisation peuvent apporter aux décideurs dans la mise en œuvre de stratégies essentielles à la préservation de la biodiversité. Les exemples présentés concernaient la sélection de réserves naturelles, la maîtrise des effets néfastes engendrés par la fragmentation des paysages, l'exploitation rationnelle de la forêt, la lutte contre les espèces envahissantes et la préservation de la diversité génétique.

Le premier exposé de l'après-midi a été présenté par **Alex Fleischer** (IBM), où il a montré quelques exemples d'application où le "faire plus avec moins" réduit notre empreinte carbone. Il a ensuite illustré ces propos avec des exemples précis dans l'énergie et le transport. Le deuxième exposé a été donné par **Régis Sabbadin** (INRA), et présentait des travaux sur trois problèmes d'écologie : la conservation d'espèces menacées en interaction "trophiques", l'échantillonnage des adventices au sein des cultures à fin de cartographie, et la gestion durable des variétés cultivées résistantes aux pathogènes, qui peuvent être modélisés comme des problèmes de décision séquentielle dans l'incertain. Il a proposé trois approches méthodologiques pour la gestion de processus sur réseaux, construites à l'interface entre les modèles graphiques stochastiques

et les méthodes d'optimisation ou d'approximation pour résoudre ces trois problèmes. Le troisième exposé a été donné par **Cédric Herpson** (CEA) et abordait les smart-grids – réseaux électriques dits "intelligents". Ceux-ci peuvent être perçus comme des sous-réseaux autonomes ayant pour but d'adapter dynamiquement la production, la distribution, le stockage et la consommation de l'énergie de façon à maintenir l'équilibre du réseau et à en satisfaire tous les acteurs. Il a montré que les Systèmes Multi-Agents permettent d'optimiser en partie le comportement énergétique du système considéré. Il a ensuite illustré son approche au travers d'exemples industriels concrets. Enfin, le dernier exposé a été présenté par **Giorgio Lucarelli** (LIP6) et traitait de la gestion de la consommation de l'énergie dans les systèmes informatiques. Dans ce contexte, il a présenté des problèmes d'ordonnancement où l'objectif est la minimisation de l'énergie consommée tout en satisfaisant un certain niveau de qualité de service (performance) qui aboutissent à des solutions exactes ou approchées.

Les transparents des exposés de cette journée sont en ligne sur le site des JFRO.

**Le comité d'organisation** : François Delbot, Mathieu Lacroix, Amélie Lambert, Thibaut Lust, Florian Sikora.

---

Compte rendu des activités du groupe

## META : théorie et applications des métaheuristiques

communiqué par Patrick Siarry et El-Ghazali Talbi

- Session "Modélisation et résolution de problèmes d'optimisation réels (ordonnancement, planification, ...) par des approches à base de métaheuristiques", avec le GT Bermudes du GdR MACS, lors des journées STP du GdR MACS : 10-11 oct. 2013, à Saint-Etienne (15 présents).
- Organisation des Journées GreenDays@Lille sur l'optimisation énergétique des systèmes informatiques (28 et 29 nov. 2013, à l'INRIA Lille - Nord Europe).
- Organisation de sessions à GECCO'2014, LION'2014 et ROADEF'2014.

Compte rendu des activités du groupe

## POC : Polyèdres et Optimisation Combinatoire

communiqué par Sylvie Borne

### Séminaire POC du 6 décembre 2013

Le 6 décembre 2013 a eu lieu le dixième séminaire du groupe POC sur le thème "Optimisation robuste et Programmation mathématique". Cette journée s'est déroulée dans les locaux du LIP6 de l'Université Pierre et Marie Curie. Comme les séminaires précédents portant sur des thèmes aussi différents que "Séparation de contraintes", "Facettes et Polyèdres Combinatoires", "Matroïdes", "Algorithmes d'Approximation et Polyèdres", "Partitionnement de graphes et problèmes connexes", "Formulations étendues" ou "Programmation semi-définie", la journée a réuni des tutoriels et des exposés permettant d'approfondir des notions liées au thème du séminaire. Ainsi, nous avons pu écouter 7 exposés portant sur l'optimisation robuste et donnés par

Laureano F. Escudero (Universidad Rey Juan Carlos, Madrid)

Michel Minoux (Univ Pierre et Marie Curie - LIP6)

Jean-Philippe Vial (Univ of Geneva, ORDECSYS)

Adam Aourou (Orange Labs)

Laurent EL Ghaoui (Berkeley University)

Cécile Murat (Lamsade, Univ Paris-Dauphine)

Pierre-Louis Poirion (ENSTA, Unité de Mathématiques Appliquées)

### ISCO 2014, Lisbonne, Portugal, du 5 au 7 mars 2014

Cette année, les journées JPOC sont remplacées, tout comme en 2010 et 2012, par une conférence internationale parrainée par le groupe POC. La conférence ISCO (International Symposium on Combinatorial Optimization) dont ce sera la troisième édition, se déroulera du 5 au 7 mars 2014 à Lisbonne au Portugal. Elle est organisée conjointement par A. Ridha Mahjoub (Université Paris Dauphine, France) et Luis Gouveia (CIO, University of Lisbon, Portugal).

En terme de visibilité scientifique, la conférence ISCO a une toute autre ambition que les journées JPOC. Elle aura lieu en langue anglaise et sera ouverte à tous les thèmes de l'Optimisation Combinatoire. Son comité scientifique comporte une trentaine de chercheurs de plus de quinze pays et parmi les experts du domaine.

Quatre exposés pléniers sont programmés dans la conférence, ils seront donnés par

Michel Balinski (CNRS, Ecole Polytechnique Paris)

Matteo Fischetti (Padova University)

Martin Grötschel (Zuse Institute Berlin)

Adam Letchford (Lancaster University)

Un numéro spécial du journal Discrete Optimization on "Combinatorial Optimization" associé à la conférence est d'ores et déjà prévu. Les actes de la conférence feront un volume spécial de la série Lecture Notes in Computer Science (LNCS).

### L'école de printemps ISCO les 3 et 4 mars 2014

Une école de printemps (spring school) sur le thème "Stochastic Programs with Integer Variables : Theory, Algorithms, and Applications" sera organisée à Lisbonne (sur le même site) avant la conférence ISCO 2014, les 3 et 4 avril 2014. Cette école est destinée aux doctorants et jeunes chercheurs. Mais elle est ouverte à tous. Elle sera assurée par Rüdiger Schultz (University of Duisburg-Essen, Germany) et Jonas Schweiger (Zuse Institute Berlin, Germany).

Pour plus d'informations sur ISCO et l'école de printemps voir le site de la conférence

<http://isco2014.fc.ul.pt/>

Les animateurs du groupe POC

<http://www.lamsade.dauphine.fr/~poc/>

compte rendu des activités du groupe

## SCDD : Systèmes Complexes et Décision Distribuée

communiqué par Marc Bui et Michel Lamure

Les activités scientifiques 2013 du groupe portent sur des activités de modélisation et de conception de solutions algorithmiques d'aide à la décision pour des systèmes socio-techniques complexes. La conception de ces outils informatiques d'aide à la décision trouvent leurs applications pour (i) la conception de système de supervision et d'analyse des données provenant de multiples unités de traitement géographiquement distribuées, (ii) l'analyse de dynamiques complexes pour des systèmes socio-techniques complexes en traitant l'information provenant de réseaux de capteurs, avec par exemple, la gestion des systèmes énergétiques sous l'angle « smart-grids » (avec soumission à une ANR), ou encore sous l'angle « pervasive health » (smart network for health) et ce, dans le cadre de collaborations avec l'industrie et d'institutions publiques.

Les activités de recherche du groupe et leurs applications (mots-clés : décisions distribuées, analyse des données, human centric sensing) s'articulent autour de

- la modélisation mathématique et des développements algorithmiques afférents ;
- la modélisation informatique des dynamiques multi-échelles au sein des systèmes socio-techniques ;
- l'emploi des systèmes multi-agents pour la simulation, les SMA y sont exploités à la fois comme outils d'étude des systèmes socio-techniques complexes pour la reconstruction des faits mais également pour l'analyse prospective ;
- l'implémentation de simulations de smart-grids » pour des « éco-quartiers » (en partenariat avec des industriels) ou de phénomènes de diffusion épidémique (openrome.org)

Ces travaux au cours de l'année 2013 ont également été présentés lors de la conférence française dédiée à la veille scientifique stratégique et technologique (congrès VSST'13 à Nancy) ainsi qu'à la conférence internationale SOICT (<http://www.acm-soict.org/>) en décembre 2013.

Les laboratoires les plus actifs dans ce groupe de travail sont l'équipe CARO de l'UMR 8144 PRISM de l'université Versailles-Saint-Quentin, le laboratoire Santé, Individu, Société, EA 4128 de l'université de Lyon 1, le laboratoire CHArt EA4004 de l'EPHE et de l'université Paris 8, l'équipe SYSCOM du CRESTIC EA3804 de l'université de Reims.

Le groupe s'est réuni plusieurs fois en 2013 avec, en général pour chacune de ses réunions une dizaine de personnes à Versailles ou Paris (notamment, le 20 juin 2013, journée modélisation informatique et diffusion des épidémies, à l'UVSQ ; le 2 octobre 2013, journée simulation des smart grids et décision distribuée à Paris ; le 18 octobre 2013, journée maîtrise et optimisation des Smart Grids, Maison de la Simulation à Saclay).

---

## Nouvelles du projet UNIT EnsROtice

---

communiquées par Marie-Claude Portmann

Les quatre équipes de développement de TICE pour l'enseignement de la Recherche Opérationnelle (INSA de Rouen, Ecole des Mines de Saint Etienne et deux équipes de l'Université de Lorraine) viennent de déposer le résultat de leurs travaux sur le serveur du projet à l'URL :

<http://ensrotice.sciences.univ-metz.fr/>

Vous avez donc maintenant un seul point d'accès pour atteindre la dernière version de chacun des modules.

Ces outils ne sont pas destinés à remplacer les enseignements traditionnels, ce que craignaient certains de nos collègues jeunes ou moins jeunes, mais à les compléter.

Nous invitons tous ceux qui enseignent la recherche opérationnelle en langue française à s'approprier ces outils en sélectionnant les parties qui complètent le mieux leurs propres enseignements. Ces outils n'ont pas été conçus pour de l'autoapprentissage, néanmoins les étudiants qui, après des problèmes de santé, auraient besoin de compléments pour mieux rattraper le niveau des autres élèves qui ont suivi les séances de cours plus traditionnels, les trouveront sûrement très utiles.

Merci de faire connaître ces outils à d'autres francophones qui ne seraient pas membres de la ROADEF.

Nous avons besoin de prouver à la Fondation UNIT que ces outils répondent à un besoin et sont utilisés, aussi, en l'absence de questionnaires de SATISFACTION en ligne, pourriez-vous envoyer des messages déclarant que vous les utilisez avec le titre du cours, le profil d'étudiants et le niveau d'étude à : [Marie-Claude.Portmann@loria.fr](mailto:Marie-Claude.Portmann@loria.fr)

---

## Manifestations passées ou à venir

---

### Conférences parrainées par la ROADEF

- **26-28 février 2014** ROADEF 2014, Bordeaux Segalen, France.

### Écoles et conférences étudiantes

- **12-18 février 2014** XVI ELAVIO, Latin American Operations Research Summer School, Areia, Paraíba, Brésil.
- **6-8 mars 2014** CFP ICORES 2014, Angers, France.
- **6-8 mars 2014** CFP ICPRAM 2014, Angers, France.
- **2-4 mai 2014** Student Conference on Operational Research (SCOR 2014)", Nottingham, UK.
- **5-7 mai 2014** ISCO 2014, Lisbonne, Portugal.

### Autres conférences

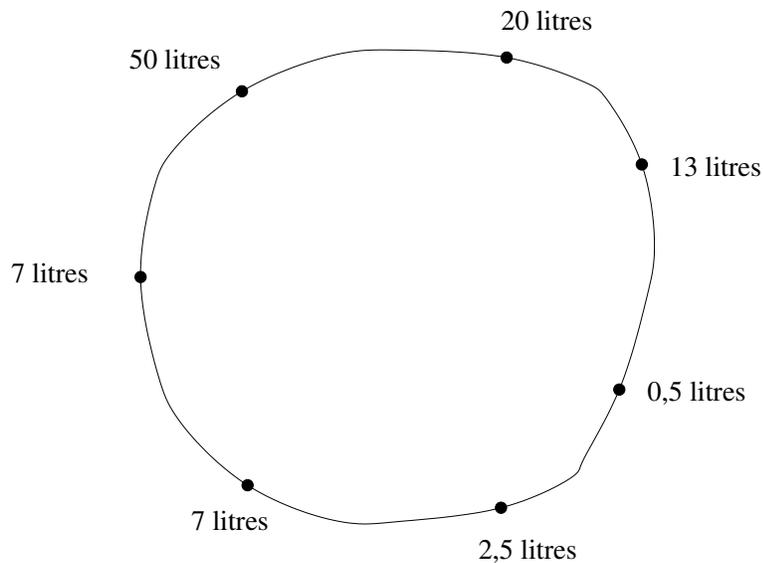
- **6-8 mars 2014** ICORES, Angers, France.
- **1-3 mai 2014** ICALT'2014, Tunis, Tunisie.
- **2-4 mai 2014** SCOR 2014, Nottingham, UK.
- **13-14 mai 2014** ICSIBO, Mulhouse, France.
- **5-7 juin 2014** GOL 2014, Rabat, Maroc.
- **8-10 juin 2014** COSI'2014, Béjaia, Algérie.
- **25-27 juin 2014** GSC'2014, Arras, France.
- **18-22 août 2014** CASE 2014, Taipei, Taiwan.
- **20-24 septembre 2014** APMS 2014, Ajaccio, France.
- **10-14 Juillet 2017** IFAC 2017, Toulouse, France.

## Enigme

### Un taxi pour Tobrouk

Enigme communiquée par Denis Cornaz

Sur une piste circulaire de 1000 km dans le désert, on a disséminé 100 litres de carburant répartis dans un certain nombre de jerricanes disposés à certains endroits de la piste. On doit parachuter une jeep consommant 10 litres au cent sur un point de la piste. Peut-on toujours choisir un point du circuit tel que la jeep puisse parcourir la totalité de la piste (et revenir à son point de départ) ?



*Solution de l'énigme du bulletin n°30 :*

(Avec les indices disséminés dans le texte : *parfait-graphe*, *artiste-programmeur*,  $\text{\LaTeX}$ *onvaincu*, *plus-plus*, *machine*, il fallait reconnaître A. Turing – B. Stroustrup – C. Berge – D. Knuth)

Oui, Alan et Claude vont se rencontrer. Si l'on ajoute, aux deux coordonnées du plan, une troisième coordonnée pour le temps, les quatre droites  $A$ ,  $B$ ,  $C$ ,  $D$  du plan sont les projections de quatre droites paramétrées  $A'$ ,  $B'$ ,  $C'$ ,  $D'$  de l'espace 3D. On sait que  $D'$  a un point commun avec  $C'$ , un autre point commun avec  $B'$ , et un avec  $A'$ , et on sait aussi que  $B'$  a un point commun avec  $C'$ ,  $D'$ ,  $A'$ . Puisque  $A$ ,  $B$ ,  $C$ ,  $D$  sont en position générale, on en déduit que  $A'$ ,  $B'$ ,  $C'$ ,  $D'$  sont co-planaires. Donc  $A'$  et  $C'$  ont un point commun.

## Rejoindre la ROADEF

### Rôle de ROADEF

Selon ses statuts la ROADEF a pour mission de favoriser l'essor de la Recherche Opérationnelle et de l'Aide à la Décision en France. Pour cela, elle s'emploie à développer l'enseignement et la formation en RO-AD, favoriser la recherche dans le domaine de la RO-AD, diffuser la connaissance en matière de RO-AD, notamment auprès des industriels, représenter les intérêts de la RO-AD auprès des organisations nationales ou internationales ayant des buts similaires.

### Cotisations 2014

Les cotisations pour l'année 2014 sont les suivantes :

- membre actif ..... 57 euros
- membre étudiant (sans 4'OR) ..... 15 euros
- membre étudiant (avec 4'OR) ..... 30 euros
- membre retraité ..... 40 euros
- membre institutionnel ..... 170 euros
- membre bienfaiteur ..... 150 euros
- membre partenaire ..... 1000 euros

Les tarifs proposés ci-dessus incluent, outre les services habituels de l'association :

- Membre actif, retraité, bienfaiteur, étudiant tarif 30 euros : le bulletin ROADEF, 1 Abonnement à 4'OR, 1 tarif réduit aux conférences, 1 vote
- Membre étudiant, tarif 15 euros : idem sans 4'OR
- Membre institutionnel : le bulletin ROADEF, 1 Abonnement à 4'OR, 3 tarifs réduits aux conférences, 1 vote.
- Membre Partenaire : nombre illimité d'adhérents, ayant chacun un droit de vote, un accès à prix réduit aux congrès de la ROADEF, 5 abonnements maximum à 4'OR et au bulletin semestriel.

### Inscriptions

Vous pouvez télécharger un formulaire d'adhésion sur le site de la ROADEF : <http://www.roadef.org>  
 Pour toute information complémentaire, merci de contacter Frédéric Gardi ([tresorier@roadef.org](mailto:tresorier@roadef.org)) ou Dominique Feillet ([secetaire@roadef.org](mailto:secetaire@roadef.org)).

#### **ROADEF : LE BULLETIN**

Bulletin de la société française de recherche opérationnelle et d'aide à la décision  
 association de loi 1901

#### **Procédure technique de soumission :**

Le texte soumis pour parution dans le bulletin doit être fourni à Olivier Spanjaard ([vpresident1@roadef.org](mailto:vpresident1@roadef.org)), préférablement sous forme de document latex.

#### **Comité de rédaction :**

Laurent Alfandari, Nadia Brauner, Luce Brotcorne, Dominique Feillet,  
 Frédéric Gardi, Nathalie Sauer, Olivier Spanjaard.

#### **Composition du Bulletin :**

Olivier Spanjaard.

Ce numéro a été tiré à **309** exemplaires.

Les bulletins sont disponibles sur le site de la ROADEF.

# 4OR

A Quarterly Journal  
of Operations Research

**Editors-in-Chief**

Leo Liberti  
Thierry Marchant  
Silvano Martello

**Editorial Board**

Alessandro Agnetis  
Yves Crama  
Stéphane Dauzère-Pérès  
Gianni Di Pillo  
Matthias Ehrgott  
Matteo Fischetti  
Michel Grabisch  
Fikri Karaesmen  
François Louveaux  
Alix Munier  
Raffaele Pesenti  
Marc Pirlot  
Romeo Rizzi  
Annick Sartenauer  
Marc Sevaux  
Maria Grazia Speranza

**Senior Editors**

Philippe Baptiste  
Denis Bouyssou  
Frank Plastria

INVITED SURVEY

**Using multi-objective evolutionary algorithms for single-objective optimization**  
C. Segura · C.A. Coello Coello · G. Miranda · C. León 201

RESEARCH PAPERS

**An efficient heuristic algorithm for the capacitated  $p$ -median problem**  
M. Yaghini · M. Momeni · M. Sarmadi · H.R. Ahadi 229

**Complexity and in-approximability of a selection problem in robust optimization**  
V.G. Deineko · G.J. Woeginger 249

**MPOC: an agglomerative algorithm for multicriteria partially ordered clustering**  
C. Rocha · L.C. Dias 253

**Bicriteria path problem minimizing the cost and minimizing the number of labels**  
M. Pascoal · M.E. Captivo · J. Clímaco · A. Laranjeira 275

PHD THESES

**Applications of reformulations in mathematical programming**  
A. Costa 295

**Flexibility and consistency in inventory-routing**  
L.C. Coelho 297

**Optimization of empty container movements in intermodal transport**  
Kris Braekers 299

Further articles can be found at [link.springer.com](http://link.springer.com)

Abstracted/Indexed in: Science Citation Index Expanded (SciSearch), SCOPUS, Zentralblatt Math, EconLit, Google Scholar, Academic OneFile, CIBELP, Digital Mathematics Registry, ECONIS, Expanded Academic, International Abstracts in Operations Research, Journal Citation Reports/Science Edition, Mathematical Reviews, OCLC, SCImago, Summon by Serial Solutions

Instructions for Authors for 4OR-Q / Oper Res are available at [www.springer.com/10288](http://www.springer.com/10288)