

Le bulletin

Semestriel



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

Édition Printemps - Été 2012
Numéro 28 - juin 2012

Le mot du bureau
Article invité : J.-C. Billaut et E. Néron
 Qui veut jouer à la RO ?
Article invité : F. Gardi
 La RO, c'est quoi : des théorèmes ou des logiciels ?
Article invité : A. Billionnet et C. Picouleau
 L'équipe Optimisation Combinatoire du CEDRIC
Vie de l'association :
 Bilan de la conférence ROADEF 2012
 Prix Robert Faure
 Le GdR Recherche Opérationnelle
Vie des groupes de travail ROADEF
Comptes-rendus de manifestations
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, LIP6 - UPMC, 4 Place Jussieu, 75252 Paris Cedex 05
Site web <http://www.roadef.org>
Langues officielles Français et anglais

Le mot du bureau

Chers amis de la ROADEF, Chers collègues,

Ce numéro du bulletin est marqué par de multiples changements logistiques : changement du responsable de la publication (Christelle Guéret m'ayant transmis le flambeau), changement du centre de reprographie, changement du mode de distribution (enfin, peut-être, une externalisation étant envisagée mais non encore réalisée à l'heure où j'écris ces lignes...). Comme souvent, c'est en mettant la main à la pâte qu'on prend conscience de certaines réalités. Publier un petit bulletin d'une dizaine de feuillets, cela peut sembler simple à première vue. Que nenni !

La ROADEF compte aujourd'hui en effet près de 500 membres (grâce en particulier au franc succès des adhésions partenaires mises en place par le précédent bureau), soit 500 bulletins à imprimer et glisser dans une enveloppe, 500 enveloppes à sceller (prévoir une dizaine de bouteilles d'eau), 500 adresses et timbres à apposer (prévoir une dizaine de bouteilles d'eau supplémentaires), 500 plis à poster. On réalise alors le génie organisationnel de sa prédécesseuse. Je profite donc de ces quelques lignes pour remercier à nouveau Christelle pour son travail d'édition dans le précédent bureau.

Dans ce numéro, vous trouverez un article invité de J.-C. Billaut et E. Néron sur l'initiation à la RO par les jeux, qui rend compte d'expériences menées à Tours et qui montre combien les jeux peuvent être un outil pédagogique performant. Le second article de F. Gardi est une version manuscrite de son exposé lors de la remise du prix Robert Faure à Angers, qui vise à retracer un parcours en RO sur une dizaine d'années, et permet d'en tirer des enseignements intéressants. C'est ensuite l'équipe Optimisation Combinatoire du CEDRIC qui fait l'objet d'une présentation par A. Billonnet et C. Picouveau.

Enfin, nouveauté propre à ce bulletin, l'apparition d'une nouvelle rubrique : les énigmes de la RO. La première énigme nous est communiquée par Denis Cornaz. N'hésitez pas à me communiquer vos propres énigmes, qui pourront alors paraître dans les prochains numéros.

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

Bon été à tous,

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 : Nadia Brauner
- secetaire@roadef.org : Dominique Feillet
- tresorier@roadef.org : Frédéric Gardi
- vpresident1@roadef.org : Olivier Spanjaard (le bulletin)
- vpresident2@roadef.org : Nathalie Sauer (le site web)
- 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

Article invité

Qui veut jouer à la RO ?

Jean-Charles Billaut¹, Emmanuel Néron¹

jean-charles.billaut@univ-tours.fr, emmanuel.neron@univ-tours.fr



FIGURE 1 – Quelques jeux (ventes épuisées)

Le jeu est une activité physique ou intellectuelle exercée dans le but de se divertir. Mais le jeu est aussi un outil qu'il est possible d'utiliser à des fins pédagogiques ou de vulgarisation, pour le public comme pour les étudiants. Ce court article a pour but de présenter quelques idées pour présenter la RO par les jeux, à la fois au public mais aussi aux étudiants.

1 Pourquoi les jeux ? Comment ça se passe ?

Lors des rencontres avec le public, comme les "Journées Portes Ouvertes" de nos établissements, la "Fête de la Science" ou les incontournables anniversaires des universités, écoles ou laboratoires, il est possible de présenter des jeux. Les gens viennent généralement pour se divertir, découvrir, parfois en famille et l'idée de jouer est toujours séduisante. Il n'est pas besoin d'insister longtemps pour faire une

ou plusieurs parties d'un jeu avec un visiteur. C'est un moyen d'accroche facile pour parler de nos activités de recherche.

Une fois la(les) partie(s) terminée(s), la personne a passé un moment agréable (avec un peu de réflexion quand même, il est vrai) et il est alors possible de discuter un peu, d'expliquer pourquoi on présente un jeu et pourquoi :

- le jeu peut être résolu automatiquement par des outils mathématiques, des techniques de RO très performantes, et ce sont exactement les mêmes techniques qui peuvent être utilisées pour résoudre de vrais problèmes beaucoup plus complexes (et vous illustrez par vos expériences personnelles). Par exemple, le lien entre le sudoku et les problèmes de planification de personnel est assez facile à expliquer.
- le jeu constitue un exemple d'un problème plus complexe, qu'il est possible de rencontrer dans la vraie vie, et que l'on est amené à résoudre par des techniques de recherche opé-

1. Laboratoire d'Informatique, Université François Rabelais Tours, Polytech'Tours, 64 avenue Jean Portalis, 37200 Tours

rationnelle, etc.

Les jeux peuvent aussi donner lieu à des projets pédagogiques très motivants pour nos étudiants, et il est possible de trouver des idées quelque soit leur niveau d'étude.

Le but de ce court article est de présenter quelques idées opérationnelles (qui ont déjà été mises en œuvre sur le terrain des opérations) et faciles à mettre en œuvre.

2 Jeux à destination du public

L'expérience montre que le public préfère toucher les jeux, plutôt que se mettre derrière un écran et un clavier. Les jeux qui sont présentés maintenant on presque tous été implémentés pour en faire des versions sur ordinateur, mais très clairement un écran attire moins qu'un plateau. De plus, l'échange initié autour d'un plateau est propice aux explications scientifiques qui peuvent suivre.

Les jeux de Nim

Les jeux de NIM sont des jeux de stratégie à deux joueurs, où chaque joueur joue alternativement, et où il ne peut pas y avoir égalité. On dit que ce sont des jeux "à somme nulle". La particularité de ces jeux est que le nombre de cas ou d'états est fini et qu'il existe une stratégie gagnante. Pour trouver cette stratégie, on peut par exemple construire le graphe des états et chercher le noyau de ce graphe (le graphe est sans circuit, donc le noyau est unique et on peut le déterminer en temps polynomial). Tous les états du noyau constituent la stratégie gagnante, pour qui les connaît.

Ces jeux illustrent l'aspect "modélisation par les graphes" de nos travaux : "à partir d'un problème, on utilise des outils de modélisation comme les graphes, on étudie les propriétés de ces modèles et on peut ainsi résoudre des problèmes."

Quelques jeux de Nim peuvent facilement être présentés au public :

- **le jeu des allumettes** : on dispose n allumettes devant la personne. On joue à tour de rôle et celui qui joue peut retirer une, deux ou trois allumettes. Celui qui prend la dernière a perdu. On explique facilement à la personne que selon le nombre d'allumettes, il faut soit commencer pour se mettre dans une bonne configuration, soit laisser la main (à des lycéens on peut parler de congruences).
- **le jeu de Marienbad** : les allumettes sont disposées sur plusieurs rangées et le problème est le même. Là encore, le noyau du graphe,

qu'il est possible de dévoiler après quelques parties, montre comment il vous a été possible de gagner systématiquement.

- **un jeu de morpion** : attention il ne s'agit pas du jeu de morpion classique avec les croix et les ronds qu'il faut aligner (ce jeu n'est d'ailleurs pas un jeu à somme nulle puisque le match nul est possible). Dans ce jeu, le plateau est constitué d'une grille de 3×3 cases. Chaque joueur dispose sur la grille autant de pions qu'il veut (au plus 3), mais dans une seule ligne ou dans une seule colonne. Celui qui met le pion qui finit de remplir la grille a gagné. Le graphe des états comporte plus d'une centaine de sommets, mais son analyse permet de dégager le noyau, et donc la stratégie gagnante. Celui qui commence est assuré de perdre.

Mise en œuvre : La réalisation d'un plateau de jeu nécessite une planche de contreplaqué sur laquelle on scotchera une belle feuille représentant le quadrillage et expliquant les règles du jeu. Les pions pourront être taillés dans des chutes de parquet. Pour les jeux avec des allumettes, et pour des raisons de sécurité, nous recommandons l'utilisation d'allumettes ayant prouvé leur bon fonctionnement au moins une fois.

Les "puzzles japonais"

Les puzzles japonais ont connu un plein essor il y a quelques années [2]. Les jeux les plus célèbres sont le *sudoku* et le *logimage* (aussi appelé Edel, nonogram, picross, logicolor, ...).

Ces jeux ont la particularité de bien se modéliser, et de bien se résoudre par la programmation par contraintes, notamment. Ici aussi, il est possible de se ramener à la modélisation des problèmes, et d'expliquer que les outils de résolution sont les mêmes que pour des problèmes réels.

Au moins deux jeux peuvent présenter un intérêt sympathique pour le public (règles faciles et jeu pas si facile).

Le premier est le **Hitori** (www.hitoriplay.com), où on part d'une grille pleine de chiffres et où le but est de noircir des cases tout en respectant quelques règles, de sorte qu'à la fin un chiffre n'apparaisse pas plus d'une fois par ligne et par colonne.

Le second est un extrait du jeu **Eternity II** [3]. Il s'agit d'un puzzle où toutes les pièces sont carrées et coupées par les diagonales. Chaque partie de chaque pièce est colorée. On peut mettre deux pièces côte à côte si les couleurs coïncident. Le jeu

Eternity II comportait 256 pièces, personne n'a pu le résoudre dans le temps qui était imparti et aucune solution n'a été diffusée. Une version simplifiée du jeu comportant 16 pièces peut être proposée à la sagacité des joueurs. Elle n'est pas infaisable mais n'est pas non plus triviale.

Mise en œuvre : Pour le jeu Hitori, nous suggérons de coller 3 instances de niveau croissant sur 3 planches de contreplaqué différentes. Le noircissement des cases peut se faire en disposant des pions, découpés dans des chutes de parquet. Pour le *puzzle*, on peut coller des morceaux de feuilles en papier préalablement coloriés et bien découpés, sur des chutes de carrelage.

Le jeu de Poker

Ce jeu a été extrait de puzzlor.editme.com (décembre 2008, 5×5 Poker). Il s'agit de disposer 25 cartes d'un jeu de 52 dans une grille 5×5 et de compter les mains de poker en ligne et en colonne. Des gains sont associés aux mains, et on cherche à maximiser le gain total. L'instance des 25 cartes n'est pas choisie au hasard, la façon de compter les points non plus (se référer au site).

Après quelques instants de réflexions, le joueur va intuitivement disposer les cartes et effectuer des permutations. En quelque sorte, il va explorer un voisinage. Et il est alors facile de parler à nouveau de modélisation, mais aussi de méthodes de voisinage, comme la méthode tabou, qui est particulièrement efficace pour résoudre ce problème. Afin de pimenter le jeu, il est conseillé de ne pas dire au joueur la valeur de la solution optimale (d'ailleurs nous ne la dirons pas ici).

Mise en œuvre : acheter un tapis de jeu, un jeu de cartes, imprimer la façon de compter les points et le tour est joué.

Le PVC

Tout le monde connaît le Problème du Voyageur de Commerce, il n'est pas utile de le décrire ici.

Mise en œuvre : Le jeu du PVC se présente sous la forme d'une planche de bois sur laquelle une carte de France a été gravée, 34 villes sont indiquées et marquées par une vis. À l'aide d'une ficelle, le joueur doit trouver le parcours qui les visite toutes et qui permet d'arriver avant une certaine marque rouge sur la ficelle, indiquant le parcours optimal. Cette planche a été réalisée par Yannick Kergosien.

3 Orientation pédagogique

3.1 Développement de plateformes web

Tous les jeux décrits précédemment peuvent donner lieu à des développements logiciels des jeux, sur des plateformes internet par exemple.

Plusieurs projets d'élèves-ingénieurs ont permis de développer des jeux. Citons par exemple les jeux publiés sur le site d'Interstices (<http://interstices.info/jcms/xxx>) où "xxx" est assez explicite :

- "xxx" = i_53966/jeu-edel
- le $F2||\bar{C}_{\max}$, si si... [1] : "xxx" = n_51640/biathlon-relais
- "xxx" = c_33343/jeux-de-nim
- "xxx" = c_19213/le-probleme-du-sac-a-dos
- "xxx" = c_37686/le-probleme-du-voyageur-de-commerce
- "xxx" = n_50750/repartition-de-charge-entre-deux-ascenseurs

Dans ces cas, le joueur joue "contre l'ordinateur" et il est alors possible d'implémenter plusieurs niveaux de jeux selon le niveau souhaité par le joueur. Par exemple, on pourra programmer un comportement aléatoire de l'ordinateur qui joue en mode "débutant", un jeu à moitié intelligent en mode "maître" (un coup sur deux dans le noyau par exemple, ou bien le codage d'une heuristique) et un comportement entièrement optimal en mode "expert".

3.2 Modélisations mathématiques

La plupart de ces jeux peuvent également être modélisés par des programmes linéaires ou des programmes par contraintes. Trouver ces modèles et les implémenter fournit déjà une bonne quantité de projets, que les étudiants apprécient particulièrement.

L'introduction des jeux de Nim dans un cours de théorie des graphes peut se faire au détriment d'une ou de plusieurs pauses classiques, tout en ayant les mêmes effets. Et jouer avec les étudiants et les battre systématiquement garantit un certain respect mêlé d'admiration, qui peut parfois en inciter certains à poursuivre en thèse...

4 D'autres pistes

Il est possible de trouver d'autres idées de jeux, que ce soit à destination de nos étudiants ou à destination du public, sur différents sites (entre autres ceux-ci) :

- *Puzzles for Applied mathematicians* : puzzlor.editme.com (énoncés publiés dans *OR/MS today* pour les adhérents INFORMS).
- World puzzle federation : <http://www.worldpuzzle.org/>
- Fédération française de jeux mathématiques : <http://www.ffjm.org/>

5 En conclusion

Le jeu est un formidable outil pour attirer l'attention du public et parler de nos activités de recherche.

Sur un plan pédagogique lié à l'enseignement, le jeu permet aussi de susciter des vocations auprès des étudiants, tout en les faisant travailler sur des outils de recherche opérationnelle classiques.

Merci à la ROADEF pour nous avoir permis

d'écrire ces quelques lignes sur un sujet qui nous plaît beaucoup. Toutes les idées étant les bienvenues, nous incitons les collègues qui ont une expérience dans ce domaine, à la partager également dans le bulletin.

Références

- [1] J-C. Billaut, E. Néron, V. Drault, X. Le Leizour, Courses de fourmis, Quatrième journées nationales de la société française de Recherche Opérationnelle et d'Aide à la Décision (ROADEF'2002), pages 57-58, Paris, ENST, février 2002.
- [2] J-C. Billaut, Les puzzles japonais : des jeux qui font chercher, *Quadrature*, janvier-mars 2008, pp.21-26.
- [3] <http://fr.eternityii.com/> ou voir la page wikipedia

Article invité

La RO, c'est quoi : des théorèmes ou des logiciels ?

Frédéric Gardi^{1 2}

Bouygues e-lab & LocalSolver, Paris

<http://pageperso.lif.univ-mrs.fr/~frederic.gardi>

Après qu'Olivier Spanjaard m'eut proposé d'écrire un article pour le bulletin de la ROADEF, je fus quelque peu embarrassé. En effet, j'avais déjà été sollicité pour écrire un article sur LocalSolver dans le bulletin précédent. Que dire en quelques pages qui n'ait déjà été dit ? Que dire en quatre pages qui puissent intéresser le plus grand nombre ? Ayant eu quelques retours positifs lors de mon exposé intitulé "C'est quoi la RO : des théorèmes ou des logiciels ?" lors de la remise du Prix Robert Faure 2012 à Angers, j'ai pensé que cela pourrait être intéressant d'en faire une note manuscrite. Ainsi, je vous propose un panorama de mes travaux en RO, avec en filigrane et en conclusion un retour d'expérience à destination des praticiens et des chercheurs, notamment les plus jeunes. Pour plus de détails sur les sujets exposés, j'invite le lecteur à se reporter aux articles cités, disponibles sur ma page web à l'adresse mentionnée ci-dessus.

2000-2005 : DEA et thèse de Doctorat

J'ai découvert la RO à Marseille, alors étudiant en informatique à la Faculté des Sciences de Luminy. Cette petite faculté est sans doute inconnue de nos jeunes lecteurs, mais les anciens se souviendront qu'elle est le berceau de Prolog, fameux langage de programmation logique qui fit les beaux jours de l'intelligence artificielle durant les années 80. Après mon DEA d'informatique (option structures discrètes et recherche opérationnelle), je suis entré comme ingénieur dans la société Prologia, tout en débutant une thèse de Doctorat au Laboratoire d'Informatique Fondamentale de Marseille (LIF). Bien qu'éprouvante, cette expérience – un pied dans le monde de l'entreprise et l'autre dans le milieu de la recherche publique – a été fort enrichissante et m'a profondément marqué. Alors filiale

du Groupe Air Liquide, Prologia était une PME d'une trentaine de personnes proposant des produits et services en aide à la décision et optimisation, notamment dans les domaines de la gestion de crédits immobiliers et de la planification de ressources humaines. C'est sur ce dernier sujet que j'ai débuté mes travaux en RO. J'ai travaillé sur les moteurs d'optimisation au coeur du progiciel Bamboo de planification de personnel, commercialisé auprès d'une quinzaine de sociétés clientes, notamment dans le domaine aéroportuaire (par exemple Corsair, Servisair, Servair, Tunisair Handling).

Parallèlement à ces travaux de recherche très opérationnelle, je consacrais ma thèse à des questions d'algorithmique et de théorie des graphes extraites de ces problématiques de planification, notamment le problème de la coloration bornée de graphes d'intervalles ou de classes apparentées [1, 2, 3, 6, 7, 9, 13]. C'est ainsi que j'ai compris ce que prouver signifie véritablement, et combien rédiger un article scientifique est un art... laborieux voire douloureux ! Mais dont l'apprentissage est d'une nécessité vitale pour le jeune chercheur, d'autant plus s'il souhaite embrasser une carrière académique.

2003-2007 : applications bancaires

En 2003, Prologia décrocha un grand projet (8000 jours-hommes) : le développement d'une application d'instructions de prêts immobiliers pour la Société Générale. Je fus dépêché pour réaliser un certain nombre de composants analytiques au sein de cette application. Un des composants semblait particulièrement intéressant d'un point de vue RO : l'optimisation du plan de financement immobilier. Je ne soupçonnais pas que celui-ci serait une de mes plus belles réalisations, tant sur le plan technique

1. Bouygues e-lab, 24 avenue Hoche, 75008 Paris. fgardi@bouygues.com - <http://e-lab.bouygues.com>

2. LocalSolver, 24 avenue Hoche, 75008 Paris. fgardi@localsolver.com - <http://www.localsolver.com>

que d'un point de vue métier.

Si certaines banques peuvent proposer des financements immobiliers adossés à des assemblages de prêts, ceux-ci demeurent limités tant par la technicité de ces prêts que par les outils de calcul classiques qui aident à les composer. Dans leur grande majorité, les plans de financement immobiliers se contentent ainsi d'un seul prêt dont l'échéance est constante sur la durée de celui-ci. La Société Générale, qui avait préalablement fait évoluer sa gamme de produits immobiliers vers des technicités permettant plus de souplesse dans le remboursement, souhaitait pratiquer des assemblages de prêts afin de proposer les meilleurs plans de financement possibles. Il s'avère qu'un bon assemblage peut permettre de réduire le coût d'un emprunt immobilier de plus de 10 %, ce qui n'est pas négligeable pour des particuliers. Pour aider les chargés de clientèle et être certain de proposer les meilleures solutions à ses clients, la Société Générale souhaitait se doter d'un véritable outil d'optimisation – plus que de construction – de plans de financement immobiliers. Cet outil, basé sur une approche par programmation linéaire mixte [5, 11], est progressivement entré en exploitation dans le réseau des 2500 agences de la banque début 2006. Plus de 10000 chargés de clientèle ont été formés à l'utilisation de cet outil, qui permet de construire de façon automatique et optimisée plusieurs milliers de plans de financement chaque jour. Depuis, la Banque Postale a elle aussi intégré ce composant d'optimisation au sein de son système d'information. Ainsi, près de 15 milliards d'euros de crédit à l'habitat sont planifiés chaque année à l'aide de ce logiciel.

Dans un tel contexte, les contraintes techniques sont très fortes : quelques secondes de temps de calcul, près de 300 000 exécutions par an (un taux de panne de 1 % signifie alors 3000 anomalies par an, soit 10 par jour), une durée de vie du logiciel envisagée à plus de 10 ans avec la nécessité de pouvoir s'adapter aux évolutions de la réglementation. C'est durant ce projet que j'ai compris que la RO en pratique, c'est beaucoup d'informatique. Et je reste convaincu que la qualité (fonctionnelle et surtout technique) des logiciels développés par les ingénieurs en RO est une des clés du succès de la discipline dans les entreprises.

2003-2007 : recherche locale (combinatoire)

Fin 2003, Karim Nouioua, un collègue docteur du LIF, me proposa de participer au Challenge ROADEF 2005 avec lui. Le challenge portait sur un problème d'ordonnement de véhicules [16] posé par Renault. Jeunes apprentis, nous

étions (ou plus exactement avions été) convaincus de la toute puissance des techniques de programmation linéaire en nombres entiers (PLNE). Nous nous sommes donc lancés à l'assaut de ce problème avec notre langage de programmation préféré (GNU C) et un solveur de PLNE libre (GLPK). Nous nous sommes ainsi qualifiés pour la finale, mais plutôt en bas de tableau. En fait, la PLNE fonctionnant mal (et c'est sans doute pour cela que Renault avait posé le problème), nous avons fini par faire – sans le savoir à l'époque – une recherche locale à voisinage large exploré par PLNE. Suite à notre qualification, Bertrand Estellon, doctorant tout juste sorti du DEA, nous rejoignit et se proposa d'implémenter quelques voisinages en complément des nôtres. Des voisinages classiques, de petite taille, qu'il avait trouvés dans la littérature : échanges, déplacements, ou encore inversions de blocs de véhicules. Quelle ne fût pas notre surprise : il battait tous nos records, en quelques dizaines de secondes seulement ! Pas si surprenant si l'on y réfléchit sans a priori : vaut-il mieux faire des mouvements ayant une forte probabilité d'amélioration mais très coûteux en temps (10 par minute), ou bien des mouvements ayant une faible probabilité d'amélioration mais à l'exécution extrêmement efficace (10 million par minute) ? La réponse était ici sans ambiguïté. En omettant les mouvements larges et en travaillant les petits mouvements (notamment leur complexité algorithmique), les résultats dépassaient nettement les meilleurs résultats obtenus par l'ensemble des compétiteurs. En définitive, les résultats furent si bons qu'ils nous permirent de remporter le challenge, catégories Junior et Senior confondues. Renault décida de déployer notre solution au sein de ses 17 usines dans le monde. Nous écrivîmes deux articles sur le sujet [4, 8], en sus de nos travaux de thèse respectifs. Quelle aventure extraordinaire ! Débutée par une simple question – “Cela te dirait de faire le challenge avec moi ?” – dont je ne pouvais me douter jusqu'où m'emmènerait la réponse...

En 2006, nous sommes repartis à l'assaut du nouveau Challenge, posé par France Telecom sur la planification d'interventions et de techniciens de maintenance. Vu la combinatoire du problème et l'échelle des instances, il nous sembla judicieux d'attaquer le problème par recherche locale. Nous avons ainsi remporté la deuxième place en appliquant la même “recette” que précédemment : une heuristique assurant la diversification de la recherche, des mouvements de petite taille mais riches par leur nombre et leur diversité, une machinerie d'évaluation incrémentale à l'efficacité redoutable (un million de mouvements par seconde). Il nous parut alors inté-

ressant de formaliser cette méthodologie afin qu'elle profite aux praticiens désireux de résoudre efficacement de grands problèmes combinatoires [10]. Dans le même temps, après dix années passées à Marseille, je montais à Paris. J'avais décroché un poste au Bouygues e-lab, le département Innovation et Optimisation du Groupe Bouygues, dont le rayonnement au sein de la communauté française de RO m'avait ébloui.

2008-2012 : recherche locale (mixte)

En 2008, un grand groupe industriel français sollicitait le Bouygues e-lab pour résoudre un problème d'optimisation de tournées de véhicules avec gestion des stocks. Ce problème a la particularité de combiner des décisions combinatoires (quels clients livrer ? avec quelles ressources les livrer ?) et des décisions continues (quelles quantités de produit livrer ?). La complexité du problème est gigantesque : des centaines de clients, des dizaines de ressources, un horizon temporel d'une dizaine de jours avec un pas de temps à l'heure. Tandis que les temps d'exécution étaient limités (5 minutes), les exigences de qualité étaient élevées : les performances de l'algorithme de résolution devaient dépasser celle d'un prototype déjà développé. Bien que les applications de la recherche locale soient rares concernant l'optimisation en variables mixtes, nous avons décidé d'attaquer le problème en adaptant notre fameuse recette [14]. Une des caractéristiques de notre approche est qu'elle est pure (sans hybridation) et directe (sans décomposition). En effet, face à des problèmes très combinatoires, notre expérience est qu'il est préférable d'optimiser de façon heuristique (par recherche locale) sur l'espace originel des solutions, que de façon exacte sur un espace largement tronqué. Surgit alors une difficulté lors de l'évaluation des mouvements. Une fois les décisions combinatoires modifiées, des contraintes portant sur les décisions continues sont violées. Il faut alors recourir la faisabilité en modifiant des décisions continues. Cela revient à résoudre un sous-problème induit par ces décisions. Dans le cas présent, ce sous-problème est un problème de flot maximum. Facile, me direz-vous : un flot maximum se calcule en temps polynomial. Mais une fois encore, le rapport entre la qualité du voisinage et le temps passé à l'explorer est crucial : dépenser un temps $O(n^3)$ à chaque itération pour obtenir les quantités de livraison optimales eut ralenti fortement la convergence de la recherche locale. Nous avons donc préféré un algorithme incrémental (s'appuyant sur le flot courant) et approché (retournant un flot non nécessairement maximal) dont la complexité en temps est

quasi constante en pratique. Cet algorithme, à défaut d'être exact, s'exécute 2000 fois plus vite qu'un algorithme classique de flot maximum, tandis que le flot retourné est à moins de 2% de l'optimum. De cette façon, nous sommes parvenus à explorer 10 millions de solutions en 5 minutes. La qualité des solutions produites par la recherche locale s'est avérée excellente : d'un coût inférieur à 20% à celui des solutions fournies par un algorithme classique d'insertion.

Cette approche pour l'optimisation mixte a été rééditée à l'occasion du Challenge ROADEF 2010 posé par EDF sur la planification des arrêts de centrales nucléaires [12]. Ici le sous-problème continu est encore plus grand (1 milliard de variables) du fait de centaines de scénarios servant à modéliser les aspects stochastiques du problème. De plus, il n'est pas linéaire, ce qui complique encore les choses. Beaucoup d'équipes ont traité celui-ci en le réduisant à un programme linéaire (de type flot) sur un ensemble de scénarios représentatifs. De notre côté, nous l'avons résolu par un algorithme incrémental, approché et randomisé, en pratique 10 000 fois plus rapide qu'une approche par programmation linéaire. C'est ce qui nous a sans doute permis d'obtenir les meilleurs résultats sur les instances A et B... avant de chuter à cause d'un bogue dans notre code. Cela me permet de revenir à la question de la qualité logicielle : vous n'optimiserez rien du tout avec des résultats erronés ! Au contraire, vous créerez plus de problèmes que vous n'apporterez de solutions. Aussi les méthodes itératives comme la recherche locale demandent-elles une rigueur toute particulière lors du développement. Je résumerai simplement notre approche de la qualité logicielle aux deux assertions suivantes. Tout résultat (produit par un code) qui n'est pas vérifié (par un autre code) est faux avec une probabilité de presque 1. Si vous n'attrapez pas une anomalie à l'itération où elle se produit, alors la probabilité que vous l'attrapiez un jour est de presque 0.

À travers cette méthodologie pour la recherche locale, nous avons cherché à industrialiser notre développement de solutions d'optimisation [17]. Cela nous a permis de produire en quelques dizaines de jours, tout au plus quelques centaines, des logiciels d'optimisation offrant des retours sur investissement se chiffrant en millions d'euros pour nos clients. Tout comme l'informatique, la RO doit s'industrialiser afin d'être moins chère, moins risquée, plus fiable, plus profitable pour ses clients, entreprises privées ou services publics. Au risque de surprendre voire de choquer, la résolution des problèmes que nous rencontrons au Bouygues e-lab

nous posent peu de difficultés techniques, aussi complexes et grands soient-ils. Nous parvenons à satisfaire nos clients que ce soit en leur fournissant des solutions optimales ou pas : l'essentiel pour eux étant le gain entre les solutions qu'ils avaient et les solutions que nous leur fournissons.

2007-2012 : LocalSolver

Suite à ces expériences fructueuses autour de la recherche locale et cette volonté d'industrialiser nos développements, nous est venue l'idée d'utiliser la puissance de cette technique au sein d'un solveur de programmation mathématique. En effet, nous avons remarqué qu'au fil des projets nos recherches locales se ressemblaient : les mouvements étaient souvent les mêmes (insérer, supprimer, déplacer, échanger), de même que les opérations dont nous exploitions les invariants (somme, minimum, maximum, et, ou).

Durant l'été 2007, nous profitons d'un creux d'activité au Bouygues e-lab pour débiter avec Thierry Benoist le développement d'un solveur d'un type nouveau, fondé non plus sur les techniques classiques de recherche arborescente mais sur la recherche locale. Le projet LocalSolver [15] débutait. Très vite, mes collègues marseillais Bertrand puis Karim nous rejoignaient sur le projet. Après quelques expériences, nous comprîmes que le formalisme standard de la PLNE n'est pas adapté à une résolution par recherche locale. Il n'est pas assez expressif : les variables de décision ne sont même pas clairement identifiées. Or il est crucial que les variables de décision soient distinguées des variables intermédiaires, qui ne servent qu'à poser les contraintes et les objectifs du modèle. Une fois ce formalisme défini, une difficulté majeure est que des mouvements du type flip de variables 0-1 sont impuissants à faire progresser efficacement la recherche, que ce soit pour trouver une solution admissible ou bien pour optimiser. Les solveurs SAT basés sur recherche locale sont confrontés à cette même difficulté : c'est une des raisons pour lesquelles ils sont peu performants face à des problèmes combinatoires très structurés, comme fréquemment rencontrés en pratique. Une remarque importante est que des flips réalisés de façon quelconque ne simulent en aucun cas les mouvements qu'implémenterait le praticien averti. Or nous étions (et restons) convaincus que la clé pour parvenir à un solveur par recherche locale efficace est "qu'il fasse ce qu'un expert ferait", tant du point de vue des mouvements que de la machinerie d'évaluation. Pour les mouvements, cela signifie qu'à chaque itération, les décisions doivent être modifiées

de façon à maintenir la faisabilité des contraintes, en particulier celles qui induisent la structure combinatoire du problème. C'est ainsi que nous avons implémenté nos premiers mouvements "autonomes", qui peuvent être vus comme des chaînes ou des cycles d'éjection dans l'hypergraphe de dépendances entre décisions et contraintes : après avoir flippé une décision 0-1, on répare les contraintes violées suite à cette modification en flippant d'autres décisions. Ce principe peut être généralisé (imaginez des cheminements quelconques dans cet hypergraphe, notamment arborescents) ou bien spécialisé en fonction du type des contraintes violées (contraintes d'égalité et d'inégalité se réparent différemment, par exemple). Du concept simple on bascule alors dans une ingénierie algorithmique complexe...

Début 2010, LocalSolver devenait opérationnel : sa version 1.0 était lancée à l'occasion du congrès ROADEF. Elle était intégrée au sein d'une première application pour TF1 Publicité. Puis les applications s'enchaînèrent dans le Groupe Bouygues (ETDE, Bouygues Telecom, Bouygues SA), mais aussi en dehors avec la société de services Eurodecision. Fort de ses succès, nous avons décidé avec l'appui de nos tutelles (Bouygues, Aix-Marseille Université, CNRS) de transformer le projet scientifique en produit commercial. Bien qu'induisant des contraintes et objectifs d'une tout autre nature, l'aventure n'en est que plus passionnante à mon sens. Début 2012, nous avons donc sorti la version commerciale, LocalSolver 2.0, qui néanmoins reste gratuit pour l'enseignement et la recherche (jetez un coup d'œil à localsolver.com). Cette version permet de résoudre des problèmes d'optimisation combinatoire comportant plusieurs millions de variables, et ce en quelques minutes. Mais il nous reste fort à faire : nous prévoyons de sortir des versions 2.1 (juin 2012) et 2.2 (octobre 2012) comportant de nombreuses améliorations techniques (plus de performance) et fonctionnelles (plus d'expressivité). Quant à la version 3.0 qui sera présentée au congrès ROADEF 2013, elle offrira la possibilité d'attaquer des problèmes non-linéaires en variables mixtes de très grande taille. Cela devrait éveiller la curiosité des plus sceptiques...

Retours d'expérience

Pour conclure, je vous propose quelques retours d'expérience, à destination des plus jeunes notamment. Loin de moi l'idée de vous donner des leçons. J'ai découvert certaines choses au fil des années, qui m'auraient été utiles de savoir plus tôt. Je me permets d'en présenter quelques unes ici.

Un bon praticien doit maîtriser les fondements

mathématiques et algorithmiques de la RO. Ils sont les outils intellectuels et pratiques, et par conséquent indispensables, de l'ingénieur en RO. Néanmoins, il est important de ne pas confondre la RO et les mathématiques de la RO. La RO sur le terrain, c'est 80 % d'informatique (notamment en gestion des données et génie logiciel). Enfin, les qualités premières d'un bon ingénieur (RO ou pas) sont le sens du service et le pragmatisme, ne l'oubliez jamais. J'invite le lecteur intéressé par ces sujets à consulter [17].

Concernant les jeunes chercheurs, je ne leur donnerai ici que deux conseils. Apprenez à écrire des articles... seul! La rédaction d'articles scientifiques (en anglais) est une composante majeure du métier de chercheur, aujourd'hui plus que jamais. Mais la communication scientifique, c'est aussi de la "com". N'ayez donc pas peur d'en faire et utilisez pour cela tous les canaux : colloques, magazines, internet. Gardez tout de même à l'esprit que sans fond scientifique, vous ne serez pas crédible. Cela me permet d'enchaîner avec mon second conseil. Soyez ambitieux, soyez utiles : intéressez-vous aux sujets majeurs, que ce soient des sujets de recherche fondamentaux, appliqués ou méthodologiques.

En définitive, je m'aperçois que nous n'avons pas répondu à la question initiale : la RO, c'est quoi? Des théorèmes ou des logiciels? Voici une jolie réponse donnée par Francis Sourd après mon exposé à Angers : des théorèmes *pour* des logiciels. Pour ma part, je ne sais pas trop ce que c'est. Je citerai simplement Miles Davis : *I don't know what jazz is. My experience is that... If the music is played well, it's good. If it's not played well, it's not so good.*

Remerciements. Je ne remercie jamais assez les personnes avec qui j'ai collaboré ces dix dernières années, grâce à qui j'ai tant appris, grâce à qui j'ai vécu de si beaux projets. Certaines sont déjà citées dans le texte ci-dessus ; d'autres apparaissent dans les références ci-dessous. Enfin, j'ai une pensée pour mon père, Max Gardi (1947–2011), qui loin du monde de la recherche m'a appris l'essentiel...

Là où il y a une volonté, il y a un chemin.

Gaston Rébuffat (1921–1985)
alpiniste français, né à Marseille

Références

- [1] F. Gardi (2003). Efficient algorithms for disjoint matchings among intervals and related problems. In *Proceedings of DMTCS 2003, LNCS 2731*, pp. 168-180. Springer.
- [2] F. Gardi (2004). On partitioning interval and circular-arc graphs into proper interval subgraphs with applications. In *Proceedings of LATIN 2004, LNCS 2976*, pp. 129-140. Springer.
- [3] F. Gardi (2006). Mutual exclusion scheduling with interval graphs or related classes : complexity and algorithms. *4OR* 4(1), pp. 87-90. (PhD abstract)
- [4] B. Estellon, F. Gardi, K. Nouioua (2006). Large neighborhood improvements for solving car sequencing problems. *RAIRO Operations Research* 40(4), pp. 355-379.
- [5] F. Gardi, A. David (2007). Optimisation de plans de financement immobiliers : de la recherche opérationnelle en actuariat bancaire. *Bulletin Français d'Actuariat* 7(13), pp. 107-121.
- [6] F. Gardi (2007). The Roberts characterization of proper and unit interval graphs. *Discrete Mathematics* 307(22), pp. 2906-2908.
- [7] F. Gardi (2008). Mutual exclusion scheduling with interval graphs or related classes. Part II. *Discrete Applied Mathematics* 156(5), pp. 794-812.
- [8] B. Estellon, F. Gardi, K. Nouioua (2008). Two local search approaches for solving real-life car sequencing problems. *European Journal of Operational Research* 191(3), pp. 928-944.
- [9] F. Gardi (2009). Mutual exclusion scheduling with interval graphs or related classes. Part I. *Discrete Applied Mathematics* 157(1), pp. 19-35.
- [10] B. Estellon, F. Gardi, K. Nouioua (2009). High-performance local search for task scheduling with human resource allocation. In *Proceedings of SLS 2009, LNCS 5752*, pp. 1-15. Springer.
- [11] F. Gardi (2010). Optimisation de plans de financement immobiliers. *RAIRO Operations Research* 44(3), pp. 207-239.
- [12] F. Gardi, K. Nouioua (2011). Local search for mixed-integer nonlinear optimization : a methodology and an application. In *Proceedings of EvoCOP 2011, LNCS 6622*, pp. 167-178. Springer.
- [13] F. Gardi (2011). On partitioning interval graphs into proper interval subgraphs and related problems. *Journal of Graph Theory* 68(1), pp. 38-54.
- [14] T. Benoist, B. Estellon, F. Gardi, A. Jeanjean (2011). Randomized local search for real-life inventory routing. *Transportation Science* 45(3), pp. 381-398.
- [15] T. Benoist, B. Estellon, F. Gardi, R. Megel, K. Nouioua (2011). LocalSolver 1.x. A black-box local-search solver for 0-1 programming. *4OR* 9(3), pp. 299-316.
- [16] B. Estellon, F. Gardi. Car sequencing is NP-hard : a short proof. (à paraître dans *Journal of the Operational Research Society*)
- [17] T. Benoist, F. Gardi, A. Jeanjean. Lessons learned from 15 years of operations research for French TV channel TF1. (à paraître dans *Interfaces*)

Article invité

L'équipe Optimisation Combinatoire du CEDRIC

Alain Billionnet et Christophe Picouleau ¹

Alain.Billionnet@ensiie.fr, chp@cnam.fr

1 Le Laboratoire CEDRIC

Fondé en 1988, le CEDRIC regroupe l'ensemble des activités de recherche en informatique, mathématiques appliquées et électronique menées au CNAM et une partie de celles menées à l'École Nationale Supérieure d'Informatique pour l'Industrie et l'Entreprise, ENSIIE, rattachée à l'université d'Evry (anciennement Institut d'Informatique d'Entreprise, IIE, qui faisait partie du CNAM). A l'exception de quelques extérieurs, les membres du CEDRIC sont donc maintenant soit au CNAM soit à l'ENSIIE et sont enseignants-chercheurs en Informatique, en Mathématiques Appliquées ou en Électronique.

L'équipe Optimisation Combinatoire (OC) est l'une des sept équipes du laboratoire, les six autres étant : Systèmes sûrs : Conception et Programmation Raisonnée (CPR), Ingénierie des Systèmes d'Information et de Décision (ISID), Radiocommunications (LAETITIA), Médias Interactifs et Mobilité (MIM), Méthodes Statistiques de Data Mining et Apprentissage (MSDMA) et Bases de Données Avancées (Vertigo).

2 Les membres

L'équipe OC est composée de huit membres permanents A. Billionnet (Pr), M.-C. Costa (Pr), S. El-loumi (Mcf), A. Faye (Mcf), A. Lambert (Mcf), C. Picouleau (Pr), A. Plateau (Mcf), E. Soutif (Mcf) et d'un membre associé F. Jarray (Mcf en Tunisie).

Le nombre moyen de doctorants et post-doctorant présents dans l'équipe à une période donnée est environ cinq.

3 Les partenaires extérieurs

Les deux principaux partenaires industriels de l'équipe sont : France-Telecom-Orange et SNCF. Ces collaborations consistent essentiellement en la direction de thèses CIFRE.

Des collaborations scientifiques sont établies

entre l'équipe OC et des membres d'équipes de recherche françaises (Laboratoires LAMSADE, LRI, LIP6, LIAFA) et internationales (EPFL, Université de Florence, Bilkent University (Ankara), Université de Klagenfurt (Autriche)). Ces collaborations sont basées sur des travaux ou des projets communs de recherche (ANR, GDR) ou sur des invitations de chercheurs étrangers.

4 Les axes de recherche

L'équipe Optimisation Combinatoire est spécialisée dans les domaines de la **Programmation mathématique** et de l'**Optimisation dans les graphes**. Dans chacune de ces deux thématiques elle y mène de front une recherche académique et une recherche applicative notamment par le biais de thèses réalisées dans le monde industriel. Ainsi les recherches de l'équipe s'articulent autour de deux axes.

Axe Programmation mathématique et applications : cet axe concerne essentiellement l'optimisation mathématique discrète (linéaire et non linéaire). Cette modélisation, extrêmement générale, permet de formuler de très nombreux problèmes d'optimisation combinatoire. Ces problèmes sont généralement difficiles (du point de vue de leur complexité algorithmique) et, dans beaucoup de cas, les problèmes de grande taille ne peuvent actuellement être résolus. Les travaux de l'équipe visent à une meilleure compréhension de ces problèmes dans le but d'améliorer leur résolution effective.

Axe Graphes et optimisation : les graphes constituent un outil mathématique fondamental de la Recherche Opérationnelle. Ils permettent la modélisation de systèmes extrêmement variés. L'obtention de solutions aux problèmes posés consiste généralement en la détection de structures optimales. De part la taille des problèmes posés la seule puissance de calcul des ordinateurs n'est pas suffisante pour mener à bien les opérations permettant d'obtenir une solution. Pour essayer de mener à bien cette résolution il est nécessaire de dégager des propriétés structurelles des solutions optimales pour dé-

1. Laboratoire CEDRIC- Conservatoire National des Arts et Métiers, 292 rue St Martin, 75003 Paris

velopper, lorsque cela est possible, des algorithmes capables d'effectuer les calculs aboutissant à la résolution exacte ou approchée du problème considéré. L'axe Graphes et Optimisation a pour objectif de suivre cette démarche pour certains problèmes de graphes suffisamment généraux pour modéliser de nombreuses situations concrètes.

5 Principaux travaux menés dans l'équipe OC

La liste qui suit fournit une description des principales études menées par l'équipe OC. L'ensemble de ces travaux sont en cours de réalisation ou ont été réalisés dans un passé proche.

Optimisation quadratique

Dans ce cadre, l'un des objectifs de l'équipe est la conception de nouvelles approches de résolution des problèmes d'optimisation quadratique comportant des variables entières et éventuellement des variables réelles (un modèle très général). Les nouvelles approches déployées permettent d'étendre les possibilités des solveurs actuels et d'améliorer leurs performances de façon significative. Une des approches utilisées consiste à *convexifier* le problème quadratique (qui est a priori non convexe) en utilisant la programmation semi-définie.

Localisation discrète

L'un des objectifs ici est de trouver de nouvelles formulations de problèmes comme celui du p -médian (ou de localisation simple) par la programmation linéaire en nombres entiers (PLNE). En tirant profit de la structure particulière du PLNE il est possible d'accélérer sa résolution directe ou de concevoir des algorithmes itératifs spécifiques qui réduisent encore le temps de résolution.

Pour certains problèmes de localisation plus contraints, le but est la conception de formulations par un programme quadratique en nombres entiers. L'ajout d'inégalités valides permet ensuite d'améliorer la résolution des problèmes.

Couvertures en nombres entiers de grande taille

Le but de cette étude est de proposer de nouvelles approches de résolution efficaces qui font coopérer une heuristique d'approximation avec garantie de performance et la génération de colonnes

pour résoudre des problèmes modélisés par des programmes de couverture en nombres entiers (CIP) de grande taille. L'intérêt de l'approche proposée a d'ores et déjà été validé sur un problème de Planification en Transport ferroviaire et un problème de rotation de production de cultures agricoles.

Optimisation des réseaux télécom

Ce thème de recherche est le fruit de collaborations établies depuis plus de deux décennies avec France Télécom-Orange. Ce travail commun a pour objectif de proposer de nouveaux modèles dans le domaine des réseaux de télécommunication et de concevoir des méthodes efficaces pour résoudre les problèmes générés par les nouvelles technologies de communication.

Une collaboration actuelle concerne le développement d'un outil d'aide à la décision destiné au secteur opérationnel d'Orange pour le développement des réseaux d'accès en fibre optique. Le problème est un problème de type multiflots généralisés qui est résolu par un algorithme de génération de colonnes stabilisé par boxstep et points intérieurs. Une étude montre également comment le modèle peut être affiné par l'ajout de coupes et par des réductions appropriées.

Un second travail consiste en l'optimisation des trajectoires de migration de réseaux, RTC vers VoIP. Il s'agit du remplacement optimal des équipements d'un réseau existant où le nombre de clients est en décroissance. Du fait de cette décroissance, il est possible de récupérer un équipement de nouvelle technologie qui n'est plus utilisé, pour le réinstaller ultérieurement. L'objectif est de proposer des solutions robustes qui prennent en compte l'incertitude sur les données.

Développement durable

Ce thème correspond à une problématique récemment introduite dans l'équipe OC. Dans le domaine du développement durable, deux grands types d'approches sont envisageables : la simulation et l'optimisation. La simulation est relativement simple à mettre en œuvre et a été beaucoup utilisée. L'approche optimisation est plus complexe mais, contrairement à l'approche par simulation, elle permet d'évaluer un nombre considérable d'options. L'objectif est de montrer l'intérêt de cette approche pour la protection de la biodiversité (sélection de réserves naturelles, maîtrise des effets néfastes engendrés par la fragmentation des paysages, exploitation écologique des forêts, contrôle

des espèces invasives, maintien de la diversité génétique) et pour l'optimisation d'un parc de production d'énergies renouvelables.

Tomographie discrète et graphes

L'objectif de la tomographie discrète est de reconstruire une image à partir de ses projections, c'est-à-dire, considérant un ensemble de directions, en connaissant le nombre de pixels de chaque couleur qui la compose dans chaque direction. Les travaux effectués dans ce champ sont de deux espèces : l'une consiste en la tomographie discrète et plus particulièrement l'étude algorithmique de la reconstruction ou la décomposition de matrices sous diverses contraintes ; l'autre est d'établir des similitudes entre certains problèmes de tomographie discrète et des problèmes de théorie des graphes : à titre d'exemple, il s'agit de trouver des colorations des arêtes ou sommets d'un graphe respectant des contraintes spécifiques, par exemple sur le nombre d'occurrences des couleurs le long de certains chemins du graphe. Ces différents problèmes ont des connexions avec des problèmes d'ordonnancement, d'emploi du temps ou de planification. Une approche de résolution de certains problèmes de tomographie discrète par la programmation mathématique est également l'objet d'une étude en cours.

d -bloqueurs et d -transversaux

On considère une structure finie V , généralement un graphe, et un problème d'optimisation sur V : la recherche d'un sous-ensemble de V de cardinal maximal (ou minimal) vérifiant une propriété donnée P . Un d -transversal est un sous-ensemble de V qui intersecte toute solution optimale en au moins d éléments. Un d -bloqueur est un sous-ensemble de V dont le retrait de V détériore la valeur d'une solution optimale d'au moins d unités. Le problème consiste à trouver un d -transversal (ou un d -bloqueur) de cardinal minimal. Les premières études sur les d -bloqueurs et d -transversaux ont porté sur les problèmes de couplages, de stables, dans des graphes arbitraires ou particuliers, pondérés ou non. D'autres problèmes d'optimisation combinatoire font l'objet de diverses études : chemins optimaux, flots, matroïdes. Ces problèmes ont une portée générale et savoir les résoudre peut être utile pour de nombreuses applications comme la sécurité des réseaux ou la théorie des jeux.

Conception de réseaux robustes

Nombreux sont les problèmes de conception de réseaux de communication qui peuvent se modéliser par un graphe ayant des propriétés particulières. Ces propriétés, une fois le réseau construit, seront utilisées pour garantir une certaine qualité de service. Les études faites par l'équipe OC dans ce domaine sont multiples :

- Multiflots et multicoups : étude de ces problèmes classiques pour des classes de graphes particulières ; étude de problèmes de multicoups pour les applications dans les VLSI, etc. L'ensemble des compétences acquises permet de travailler sur les réseaux de télécommunications en collaboration avec Orange ;
- Classes de graphes possédant des propriétés particulières : à titre d'exemple, les graphes hypotriangulés pour lesquels la suppression d'une arête n'augmente pas la distance entre deux sommets autres que les extrémités de l'arête ôtée ;
- chemins ou arbres induits couvrant les sommets d'un ensemble : cette problématique trouve ses applications dans le domaine des réseaux sans fil.

L'objectif premier lorsque cela est possible est de concevoir des algorithmes de complexité polynomiale fournissant des solutions optimales au problème posé. Si pour un problème spécifique l'existence d'un tel algorithme s'avère impossible, du fait de son caractère \mathcal{NP} -difficile, la conception d'algorithmes de complexité polynomiale fournissant des solutions approchées avec garantie de performance est alors le sujet de l'étude.

Planification robuste du matériel ferroviaire

La planification des engins est la détermination des enchaînements de trajets des différents engins (locomotives, rames) de façon à répondre au mieux à une certaine demande et en respectant des contraintes techniques, organisationnelles et légales. Il existe actuellement à la SNCF un logiciel qui propose une solution au problème de planification des engins en prenant en compte la couverture des trajets et les coûts d'utilisation des engins. Le but du travail est de proposer des méthodes pour déterminer des solutions qui résistent le mieux possible aux aléas (solutions robustes).

Allocation de registres et optimisation

Une collaboration entre l'équipe OC et l'équipe CPR (Systèmes sûrs : conception et programmation raisonnées) a été initiée autour du thème de l'allocation de registres dans la compilation de programmes. L'étude conjointe porte sur la vérification formelle et l'optimisation de l'allocation de registres. L'objectif du travail est double : vérifier formellement, notamment à l'aide de l'assistant de preuves Coq, des algorithmes connus d'allocation de registres par coloration de graphes et, d'autre part, définir de nouveaux algorithmes optimisants pour cette étape de compilation.

Optimisation robuste

L'un des nouveaux enjeux de l'optimisation combinatoire est la prise en compte de l'incertitude des données et l'adaptation rapide des solutions en

fonction d'une information dynamique. Nous étudions actuellement cette approche pour la planification de l'utilisation des engins à la SNCF, le dimensionnement d'un parc hybride de production d'électricité et le design de réseaux optiques de télécommunications. Il s'agit de déterminer des solutions "robustes" c'est-à-dire des solutions qui se comportent bien dans toutes les situations susceptibles de se produire. Les collaborations avec France Télécom Orange et la SNCF se poursuivront. Concernant l'optimisation d'un parc de production d'énergie, des contacts ont été pris avec EDF et un projet vient d'être sélectionné par le PGM (Programme Gaspard Monge pour l'Optimisation). Selon les applications, les modèles et les résolutions de programme robuste sont assez différents et de nombreux chercheurs travaillent sur ce sujet. Nous voudrions généraliser les démarches que nous avons suivies et les adapter pour résoudre de grandes classes de problèmes de robustesse en PLNE.

Vie de l'association

Conférence ROADEF 2012

communiqué par Éric Pinson

Chiffres clés :

432 participants,
23 pays représentés,
3 plénières invitées,
3 semi-plénières industrielles,
32 sessions invitées,
273 communications scientifiques.

La treizième édition du congrès ROADEF, organisée sous l'égide de LigéRO (Groupement ligérien de chercheurs en RO), s'est déroulée à Angers sur le site de l'UCO et plus spécifiquement de l'Institut de Mathématiques Appliquées situé dans l'hyper centre d'Angers. Ses comités d'organisation et scientifique étaient pilotés par les membres du CoPil LigéRO regroupant des représentants des différents laboratoires ligériens présents dans la communauté RO (IRRCyN, LINA, LERIA, LISA) avec le soutien logistique de l'UCO.

En marge des aspects logistiques et liés au programme scientifique, pour lesquels nous remercions chaleureusement une nouvelle fois la nombreuse équipe (enseignants, administratifs, étudiants) qui se sont investis avec dynamisme durant plusieurs semaines, il faut également saluer le soutien de nombreux partenaires institutionnels (Ville d'Angers, Angers Loire Métropole, Région des Pays de la Loire, LINA, LigéRO, OLASI) et privés (EURODECISION, GDF SUEZ, AIMMS, LocalSolver, Amadeus, IBM, Optilogistic, Logisseo). Un grand merci au bureau de la ROADEF, aux membres du Comité de Programme (voir site web), ainsi qu'aux organisateurs de sessions invitées pour le travail important qu'ils ont réalisé et/ou le soutien qu'ils nous ont apporté.

Les nombreux témoignages et remerciements qui nous sont parvenus semblent attester que cette édition 2012 du congrès de la ROADEF fut un grand succès, avec ses 432 participants et un programme scientifique d'une qualité plutôt exceptionnelle au travers de ses 267 communications réparties en 7 tracks de 11 sessions parallèles. Sans compter les temps forts que furent les 3 conférences plénières qui ont été l'occasion de rendre hommage à deux personnalités scientifiques de tout premier plan en France, Jacques Carlier et Philippe Chrétienne, dont les contributions scientifiques, notamment dans le domaine de la théorie de l'ordonnance-

ment, sont planétairement reconnues, et d'accueillir un des membres d'une des plus prestigieuses institutions de recherche en RO au monde, le CIRRELT (Montréal, Canada) en la qualité de Louis Martin Rousseau :

- Philippe Chrétienne (LIP6, UMPC), "Contribution à l'ordonnancement sans temps mort"
- Jacques Carlier (HEUDIASYC - Université de technologie de Compiègne), "Compilation et problèmes combinatoires dans les systèmes embarqués"
- Louis-Martin Rousseau (CIRRELT - École Polytechnique de Montréal), "La confection d'horaire dans l'industrie du commerce de détail"

Les chercheurs, confirmés ou doctorants ont aussi été à l'honneur avec l'attribution :

- du prix Jeunes Chercheurs ROADEF 2012 à Daniel Chemla (CERMICS, LIPN) pour sa présentation "The static multivehicle rebalancing problem".
- du prix Robert Faure 2012 : le 1er prix est attribué à F. Gardi, le prix spécial à G. Stauffer. Enfin, le 1er accessit à F. Clautiaux et O. Klopfenstein (ex-æquo).

ROADEF 2012 a été une nouvelle fois le siège d'un forum d'échanges avec des industriels, notamment au travers de 3 conférences industrielles :

- BOUYGUES : "LocalSolver 2.0 , Premier solveur de programmation mathématique fondé sur la recherche locale"
- AMADEUS : "Operations Research for Airport Operations - Achievements and Perspective"
- IBM : "Aide à la décision analytique et IBM ILOG Optimization"

Autre temps fort ce ces journées, l'Assemblée Générale de la ROADEF, dont l'importance pour la vie et la pérennité de notre communauté n'est plus à démontrer. Nous renvoyons au CR de cette AG pour le détail de cet événement, ponctué notamment par :

- La présentation du nouveau bureau,
- La remise du Prix Robert Faure (cf. ci-dessus),
- Un point sur le challenge ROADEF-EURO 2012 par Eric Bourreau. Cette épreuve a

connu un grand succès et 30 équipes qualifiées pour la finale à Vilnius.

- Un point sur le GDR RO par Philippe Chrétienne. En marge d'un bilan très positif pour l'année écoulée, il annonce que le CS du GDR a proposé à Alain Quilliot d'être le nouveau directeur du GDR à partir de septembre 2012.

A noter également que Philippe Chrétienne devient membre d'honneur de la ROADEF, et a été vivement remercié pour toutes ses actions en faveur de l'association et du développement de la RO en France.

Moment de détente et de convivialité à mi parcours de ce congrès : la visite du musée Jean Lurçat à l'invitation de la Mairie d'Angers, suivie d'un cocktail dans ce lieu somptueux. Enfin, et point d'orgue de ce congrès, le désormais traditionnel repas de gala qui s'est déroulé cette année aux greniers

St Jean, un des plus beaux témoins de l'architecture hospitalière du Moyen Age en France datant du 12ème siècle.

Un grand merci à tous, pour votre participation à ce congrès, pour vos contributions scientifiques, votre indulgence face à quelques petits couacs ci et là sur ces trois journées, et surtout votre bonne humeur. Ce congrès national n'est pas seulement un évènement scientifique de premier plan pour notre communauté, mais également un temps fort en termes d'échanges humains.

Bon courage à nos amis de l'Université de Technologie de Troyes qui nous accueilleront l'année prochaine, et auxquels nous souhaitons un aussi beau succès.

Les comités d'organisation et scientifique de ROADEF 2012

Prix Robert Faure

communiqué par Philippe Chrétienne

Le jury du prix Robert Faure 2012, constitué de Denis Bouyssou, Jacques Carlier, Philippe Chrétienne (président), Eric Gourdin, Alain Jean-Marie, Philippe Mahey, Alain Quilliot, Francis Sourd a reçu 10 dossiers de candidature. De début novembre 2011 à fin janvier 2012, chaque membre du jury a examiné les 10 dossiers. Le jury a délibéré le 27 janvier 2012. Le jury a jugé les dossiers non seulement d'excellente qualité scientifique mais aussi très bien structurés et documentés. Pour établir son classement, le jury a donc dû se focaliser sur la spécificité du prix, à savoir la mise en oeuvre effective de résultats théoriques forts dans des projets ou appli-

cations industrielles. En dépit de la difficulté de la tâche, les débats furent très sereins et aboutirent à un consensus sur les décisions suivantes :

1er prix : Frédéric Gardi

prix spécial : Gautier Stauffer (pour un résultat théorique de tout premier plan et un parcours international exceptionnel)

1er accessit : Olivier Klopfenstein

1er accessit (ex aequo) : François Clautiaux

Le jury tient à remercier l'ensemble des candidats pour la qualité de leur dossier et félicite chaleureusement les candidats récompensés.

Nouvelles du GDR RO

communiqué par Philippe Chrétienne

Après l'annonce du départ de Philippe Chrétienne de la direction du GDR RO (départ en retraite et 6 ans de mandature), les 2 dernières séances du Comité Scientifique du GDR RO ont été consacrées à la recherche d'un nouveau directeur. La première réunion a consisté en une réflexion collective sur cette question (évocation de critères et de quelques noms). Il a été également demandé aux membres du CS d'informer les responsables des équipes de RO au niveau national de la question de cette succession. Lors de la deuxième réunion, un consensus s'est très vite établi sur la candidature d'Alain Quilliot, actuel directeur du LIMOS et professeur à Clermont-Ferrand. Cette proposition a depuis été transmise au CNRS (Philippe Baptiste) qui l'a accueillie très favorablement. La journée bilan du GDR RO pour les projets 2011 a eu lieu le vendredi 15 juin 2012 à l'Université Paris 6. Outre la présentation du bilan des projets 2011 et des résultats (après un an) des 2 ARFRO, nous avons eu le plaisir d'écouter Alain Quilliot, nouveau directeur du GDR RO, nous présenter sa vision sur l'évolution du GDR pour les 4 années à venir.

Vie des groupes de travail ROADEF

compte rendu des activités du groupe

SCDD : Systèmes Complexes et Décision Distribuée

communiqué par Marc Bui et Michel Lamure

Les activités scientifiques actuelles du groupe portent sur la simulation de dynamiques complexes pour des systèmes socio-économiques, et vise notamment à la conception d'outils informatique d'aide à la décision, avec applications pour (i) la conception de système de supervision et d'analyse des données provenant de multiples unités de traitement géographiquement distribuées, ou (ii) le suivi de situations en traitant l'information provenant de réseaux de capteurs, avec par exemple, le suivi de la diffusion de la pollution, les systèmes complexes en Santé, ou encore de la consommation de l'énergie des bâtiments publics ou habitats avec la problématique smart-grids, 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 stochastique

- Modélisation mathématique et développements algorithmiques en liaison avec la modélisation mathématique, notamment en combinant les ensembles aléatoires (random sets) et la prétopologie
- la modélisation informatique avec le développement d'algorithmes adaptés aux systèmes complexes (dynamiques multi-échelles), avec utilisation de systèmes agents pour la simula-

tion.

Les laboratoires les plus actifs dans ce groupe de travail sont le Laboratoire d'Informatique et des Systèmes Complexes (LaISC) - CHArt EA4004, de l'EPHE et de l'université Paris 8, l'équipe Equipe Santé, Individu, société, EA 4128 de l'université de Lyon 1, l'équipe CARO de l'UMR 8144 PRISM de l'université Versailles Saint-Quentin, L'équipe SYSCOM du CRESTIC EA3804 de l'université de Reims.

Le groupe se réunit régulièrement plusieurs fois par an avec, en général pour chacune de ses réunions entre douze et vingt chercheurs (cf. site web), de façon informelle essentiellement à Paris ou Lyon mais également de façon formelle lors de journées d'études - les journées d'études prétopologie ou décision complexe. En 2011, les journées prétopologie se sont tenues à la Réunion en mars 2011, en collaboration avec l'université de la Réunion et deux journées scientifiques ont réuni des chercheurs à Beaune en mai 2011. L'année 2011 a également vu la parution aux éditions Hermann d'un livre sur les fondements théoriques de la prétopologie. Le groupe GT SCDD a également en 2011 activement participé à un programme de recherche interdisciplinaire du CNRS (AIR Mousson) à vocation internationale sur le thème de la modélisation de la diffusion de la pollution atmosphérique urbaine.

Compte rendu des activités du groupe

JFRO : Journées Franciliennes de Recherche Opérationnelle

communiqué par Cédric Bentz

La 26^{ème} édition des Journées Franciliennes de Recherche Opérationnelle s'est déroulée le lundi 26 mars 2012 à l'Université Paris 6 (Pierre et Marie Curie). Cette journée, qui avait pour thème *Recherche Opérationnelle et problèmes de tournées*, a attiré une quarantaine de participants.

La journée a débuté par un exposé de deux heures de Roberto Wolfer Calvo (LIPN, Université

Paris 13) intitulé *Les problèmes de tournées de véhicules et leurs variantes*. Ce tutoriel a présenté une vue d'ensemble des méthodes de résolution exactes pour le "Vehicle Routing Problem" (VRP) avec capacités, et certaines variantes du VRP (lorsque la flotte de véhicules est hétérogène, lorsqu'on ajoute une contrainte de périodicité, etc.). En particulier, quatre formulations PLNE du problème ont été dé-

taillées (dont la formulation SPF, basée sur un problème de partition d'ensembles), et des relations entre ces formulations ainsi que des inégalités valides pour certaines d'entre elles ont été décrites. La résolution du problème de génération de colonnes associé à la formulation SPF a également été discutée.

L'après-midi de cette journée était composé de quatre exposés de quarante minutes. La première de ces quatre présentations a été assurée par Christian Prins (LOSI, Université de Technologie de Troyes), et s'intitulait *Méthodes "route-first, cluster second" pour les problèmes d'optimisation de tournées de véhicules*. Cet exposé a abordé la résolution du VRP avec capacités et du problème CARP ("Capacitated Arc Routing Problem") à l'aide de méthodes heuristiques basées sur une procédure en deux temps : dans un premier temps, un "tour géant" est construit (sans tenir compte des contraintes de capacités), puis dans un second temps ce tour est décomposé en tournées. Frédéric Meunier (CERMICS, École Nationale des Ponts et Chaussées) a ensuite présenté, au cours d'un exposé intitulé *Un problème de tournée inspiré par la régulation des systèmes de transport en libre-service*, des résultats de complexité et algorithmiques concernant un problème de tournée lié à la régulation de systèmes comme "Vélib". La problématique est alors de redistribuer les vélos dans l'ensemble des stations à l'aide d'un camion, de façon à minimiser le trajet du camion tout en atteignant un nombre de vélos fixé dans chacune des stations. Puis, Fabien Teytaud (LAMSADE, Université Paris-Dauphine) a fait une présentation intitulée *Application of the Nested Rollout Policy Adaptation Algorithm to the Traveling Sales-*

man Problem with Time Windows, dans laquelle il a décrit une méthode de type NRPA ("Nested Rollout Policy Adaptation") pour résoudre le problème du voyageur de commerce avec fenêtre de temps. Il a notamment été montré comment améliorer la recherche de solutions admissibles (basée sur une méthode de Monte-Carlo) en pénalisant les solutions non admissibles. Enfin, la dernière présentation de la journée, intitulée *The Uncapacitated Asymmetric Traveling Salesman Problem with Multiple Stacks*, a été assurée par Mathieu Lacroix (LIPN, Université Paris 13). Le problème considéré dans cet exposé consiste, étant donné un graphe représentant des routes entre deux ensembles d'entrepôts, à ramasser un objet dans chaque entrepôt du premier ensemble (à l'aide d'un circuit hamiltonien), à les stocker au fur et à mesure dans un véhicule contenant un certain nombre de piles (chacune fonctionnant selon le modèle LIFO), et à les redistribuer dans les entrepôts du deuxième ensemble (également à l'aide d'un circuit hamiltonien). Une formulation PLNE pour le problème avec deux piles a été présentée, ainsi que des résultats concernant le polytope de la relaxation continue (dimension, familles d'inégalités valides/de facettes, algorithmes de séparation associés, etc.).

Les personnes intéressées par les transparents des exposés de cette journée peuvent se les procurer en ligne, en se rendant sur le site des JFRO (<http://jfro.roadef.org>).

Le comité d'organisation : Lucie Galand (Univ. Paris Dauphine), Hacène Ouzia (Univ. Paris 6), Cédric Bentz (Univ. Paris 11) et Nicolas Thibault (Univ. Paris 2)

Compte rendu des activités du groupe

META : théorie et applications des métaheuristiques

communiqué par Patrick Siarry et El-Ghazali Talbi

- Organisation de la conférence "International Conference on Metaheuristics and Nature Inspired Computing" (META'12), 27-31 octobre 2012, Port El-Kantaoui, Sousse, Tunisie.

- Organisation d'une session plénière de la conférence "Conference on Communications, Computing and Control Applications" (CCCA'12), 12-14 septembre 2012, à Marseille.

- Edition de deux livres :

- 1) "Metaheuristics for Dynamic Optimization", Series : Studies in Computational Intelligence, Vol. 433, E. Alba, A. Nakib and P. Siarry (Eds.), 405 p., SPRINGER. A paraître en juin 2012.
- 2) "Computational Intelligence in Image Processing", A. Chatterjee and P. Siarry (Eds.), 305 p., SPRINGER. A paraître en juillet 2012.

- Edition de trois numéros spéciaux :

- 1) "Journal of Parallel and Distributed Computing", numéro spécial sur le thème "Metaheuristics on GPUs", G. Hasle and E.G. Talbi (Eds), Vol. 71, No. 4, 2011.
- 2) "Computers and Operations Research", numéro spécial sur le thème "Emergent nature inspired algorithms for multi-objective optimization", J. Figueira and E.G. Talbi (Eds). A paraître en 2012.
- 3) "International Journal of Production Economics", numéro spécial sur le thème "Computational Intelligence in Production and Logistics Systems", B. Çatay, R. Chiong and P. Siarry (Eds). A paraître en 2012.

Compte rendu des activités du groupe

POC : Polyèdres et Optimisation Combinatoire

communiqué par Sylvie Borne

Séminaire POC du 2 mars 2012

Le 2 mars 2012 a eu lieu le huitième séminaire du groupe POC sur le thème "Formulations étendues". Cette journée s'est déroulée dans les locaux du LIP6 de l'Université Pierre et Marie Curie (Paris 6). Comme les séminaires précédents portant sur des thèmes aussi différents que "Séparation de contraintes", "Facettes et Polyèdres Combinatoires", "Matroïdes", "Algorithmes d'Approximation et Polyèdres" ou "Partitionnement de graphes et problèmes connexes", la journée a commencé avec un tutoriel et s'est poursuivie avec des exposés permettant d'approfondir des notions liées aux formulations étendues. Ainsi, le matin nous avons écouté Volker Kaibel (Otto-von-Guericke Universität Magdeburg) qui nous a parlé des "Extended Formulations in Combinatorial Optimization". L'après-midi, Mathieu VanVyve (CORE, Louvain-La-Neuve) a présenté des travaux sur l'utilisation des formulations étendues pour résoudre des problèmes MIP. Nous avons ensuite écouté Samuel Fiorini (Université de Bruxelles) nous parler de "Linear vs. Semi-definite Extended Formulations : Exponential Separation and Strong Lower Bounds", Gautier Stauffer (Université de Bordeaux) s'est intéressé aux "Extended formulations for the design of approximation algorithms : an example in inventory control" et Ibrahima Diarrassouba (Université du Havre) a conclu la journée en nous présentant des formulations étendues pour le "Survivable Network Design Problem with Hop Constraint". La journée a été comme d'habitude entrecoupée de questions ouvertes, sources de discussions scientifiques et de collaborations.

Sessions POC lors de la conférence ROADEF 2012

Le groupe de travail POC a organisé cette année deux sessions autour des thématiques de POC dans le cadre de Roadef 2012 qui a eu lieu à Angers du 11

au 13 avril 2012. Elles ont regroupé 5 exposés présentés par des jeunes chercheurs venus de différents laboratoires en France et en Belgique. Le but était de présenter de nouvelles recherches s'appuyant sur les polyèdres pour analyser, formuler et résoudre des problèmes d'optimisation combinatoire. Comme les années précédentes, ces sessions ont été très suivies et ont permis de présenter de nouveaux résultats très intéressants liés aux applications des approches polyédrales en optimisation combinatoire.

ISCO 2012, Athènes, Grèce, du 19 au 21 avril 2012

Cette année, les journées JPOC ont été remplacées, tout comme en 2010, par une conférence internationale parrainée par le groupe POC. La conférence ISCO (International Symposium on Combinatorial Optimization) dont ce fut la deuxième édition, s'est déroulée du 19 au 21 avril 2012 à Athènes en Grèce. Elle a été organisée conjointement par A. Ridha Mahjoub (Université Paris Dauphine, France) et Ioannis Milis (Athens University of Economics and Business, Athènes, Grèce). En terme de visibilité scientifique, la conférence ISCO a une toute autre ambition que les journées JPOC. Elle a eu lieu en langue anglaise et a été ouverte à tous les thèmes de l'Optimisation Combinatoire. Son comité scientifique comportait une quarantaine de chercheurs de plus de vingt pays et parmi les experts du domaine. Quatre exposés pléniers ont été programmés dans la conférence, ils ont été donnés par :

- Giorgio Ausiello (Università di Roma "La Sapienza")
- Christos Papadimitriou (UC Berkeley)
- George Nemhauser (Georgia Tech)
- Paolo Toth (Università di Bologna)

Deux appels à communications concernant le numéro spécial du journal Mathematical Program-

ming Series B associé à la conférence ainsi que le numéro spécial du journal Theoretical Computer Science ont d'ores et déjà été lancés. Les actes de la conférence paraîtront dans un volume de la série Lecture Notes in Computer Science (LNCS).

L'école de printemps ISCO du 17 au 18 avril 2012

Une école de printemps (spring school) sur le thème "Mathematical Programming and Design of Approximation Algorithms" a été organisée à Athènes (sur le même site) avant la conférence

ISCO 2012, les 17 et 18 avril 2012. Cette école principalement destinée aux doctorants et jeunes chercheurs, mais ouverte à tous, a été assurée par David Shmoys et David Williamson (Cornell University, USA).

Pour plus d'informations sur ISCO, les appels à communications pour les numéros spéciaux et l'école de printemps voir le site de la conférence <http://isco12.cs.aueb.gr/>

Les animateurs du groupe POC

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

Comptes-rendus de manifestations parrainées par la ROADEF

Compte-rendu de l'École d'été en RO au Bénin

Porto-Novo, Bénin, 14-19 novembre 2011

http://www.imsp-uac.org/school_operations_research/index.html

communiqué par Adam Ouorou, Orange Labs

Une école d'été en recherche opérationnelle s'est tenue les 14-19 novembre 2011 dans les locaux de l'Institut de Mathématiques et de Sciences Physiques (IMSP) à Gangbo au Bénin. Elle a reçu le soutien des sociétés de RO, IFORS, EURO, ROADEF et du Groupe France Telecom - Orange. L'école était ouverte à tous les étudiants africain en master ou doctorat et professeurs en mathématiques appliquées et sciences de l'informatique, désireux de découvrir les aspects applicatifs des mathématiques à travers la recherche opérationnelle. Elle a réuni plus d'une quarantaine de participants originaires de plusieurs pays d'Afrique : Bénin, Burundi, Cameroun, Guinée, Côte d'Ivoire, Mali, Niger, Nigéria et même de France (avec la participation de deux doctorants d'origine béninoise étudiant en France). La cérémonie d'ouverture a eu lieu le 14 novembre sous la présidence de Joel Tossa, Directeur de l'IMSP, événement couvert par Golfe TV une télévision locale à fort audience et la presse écrite (L'Informateur et La Tribune de la Capitale). Le programme comportait trois cours principaux de six heures chacun comme suit :

- . Optimisation combinatoire par Celso Ribeiro (Université Fédérale de Fluminense, Brésil),
- . Méthodes de décomposition par Philippe Mahéy (ISIMA, Clermont-Ferrand),
- . Applications des métaheuristiques en télé-

communications par Simone de Lima Martins (Université Fédérale de Fluminense, Brésil).

Ces trois cours ont été complétés chacun par des cas d'étude concrètes d'une heure pour illustrer les techniques présentées. Trois autres cours de 4h30 chacun ont été aussi dispensés sur les thèmes suivants :

- . Introduction à la programmation linéaire par Mustapha Sanni (Université d'Abomey-Calavi, Bénin)
- . Optimisation globale par Babacar Ndiaye, (Université Cheick Anta Diop, Dakar, Sénégal)
- . Recherche opérationnelle en télécommunications, par Adam Ouorou (Orange Labs)

L'école s'est clos avec deux présentations d'une heure et demi sur la stabilité dans les réseaux par Bertrand Tchantcho (Université du Cameroun) et Mikaila Toko-Worou, doctorant à Orange Labs sur la détection des communautés. Une cinquantaine d'exemplaires du Livre Blanc de la recherche opérationnelle ont été distribués aux participants ainsi qu'aux journalistes venus couvrir l'événement. Pour soutenir cette excellente initiative, un master en recherche opérationnelle a été mis en place depuis la dernière rentrée scolaire à l'Université Abomey-Calavi au Bénin. Pour cette première promotion, le master compte une dizaine d'étudiants.

Manifestations à venir

Conférences parrainées par la ROADEF

- **15 et 16 novembre 2012 : LFA 2012, Compiègne** (<https://www.hds.utc.fr/lfa2012/wp/>)
Les rencontres Francophones sur la Logique Floue et ses Applications (LFA) rassemblent depuis plusieurs années les chercheurs et les industriels francophones autour du thème des “théories de l’incertain”. Sous cette appellation cohabitent plusieurs cadres et outils théoriques de modélisation et de gestion des imprécisions et des incertitudes : les ensembles flous et la théorie des possibilités, les probabilités imprécises, la théorie des fonctions de croyance, les ensembles approximatifs et aléatoires, le raisonnement approximatif, les logiques multivaluées, etc.
Un nombre croissant de domaines d’application est concerné par l’exploitation de ces différentes théories :
 - commande,
 - diagnostic de systèmes complexes,
 - bioinformatique,
 - recherche opérationnelle et aide à la décision,
 - mesure et évaluation subjective,
 - classification, reconnaissance des formes et analyse de données,
 - traitement et interprétation des images,
 - fouille de données,
 - systèmes d’information et bases de données,
 - intelligence artificielle,
 - fusion d’informations,
 - robotique,
 - économie et gestion,
 - finance,
 - psychologie, ...

LFA est la manifestation scientifique annuelle où des chercheurs francophones de différentes disciplines viennent échanger, s’informer et débattre des avancées les plus récentes réalisées au sein de la communauté. Afin d’offrir un panorama complet et actualisé, les organisateurs encouragent non seulement les contributions d’ordre théorique mais aussi la présentation d’applications pratiques dont le cadre de modélisation repose sur l’une des théories de l’incertain.

- **du 13 au 15 février 2013 : ROADEF 2013, Troyes** (<http://roadef2013.utt.fr/>)
L’Université de Technologie de Troyes organise ROADEF 2013, avec :
 - des présentations en sessions plénières de chercheurs mondialement reconnus ;
 - de nombreuses communications de chercheurs et d’industriels, regroupées en sessions autour de thèmes applicatifs très divers, comme les agro ressources, l’automobile, l’énergétique, la logistique, l’informatique, le développement durable ;
 - de nombreux industriels sur des stands.

L’objectif est de favoriser les échanges, de concrétiser des collaborations entre chercheurs et avec les industriels, de diffuser les résultats les plus récents, notamment auprès des industriels, et de participer à la formation des jeunes chercheurs qui sont encouragés à présenter leurs travaux.

Le public visé regroupe les chercheurs francophones en recherche opérationnelle et aide à la décision, en génie industriel, génie logistique, sûreté de fonctionnement, etc. et les industriels locaux et nationaux dans des secteurs d’activité comme l’aéronautique, l’aérospatial, les industries agroalimentaires mais aussi l’industrie chimique, le secteur hospitalier, ou encore le secteur nucléaire. Tout participant peut proposer une thématique de session, aussi bien théorique qu’applicative. Les conférenciers présenteront leurs communications après étude et sélection par le comité scientifique des résumés soumis.

Conférences EURO

- **8-11 juillet 2012** : EURO 2012, EURO XXV International Conference, Vilnius, Lithuanie.
- **15-20 juillet 2012** : ORAHS 2012, EURO working group on Operational Research Applied to Health Services, University of Twente in Enschede, the Netherlands.

Autres conférences

- **26-29 aout 2012** : ILS 2012, Québec, Canada.
- **30 aout-1er septembre 2012** : GISEH 2012, Québec, Canada.
- **12-14 septembre 2012** : CCCA'12, Marseille, France.
- **17-19 octobre 2012** : GOL 2012, Le Havre, France.
- **25-28 octobre 2012** : IECON 2012, Montréal, Canada.
- **27-31 octobre 2012** : META'2012, Port El Kantaoui, Sousse, Tunisie.
- **29-31 octobre 2012** : SFC12, Marseille.
- **29-31 octobre 2012** : MajecSTIC 2012, Lille.
- **10-13 décembre 2012** : IEEM 2012, Hong Kong.
- **16-18 février 2013** : SICORES, Barcelone, Espagne.

Écoles

- **9-12 juillet 2013** : Ecole des JDMACS, Strasbourg, France.

Annonces

Une nouvelle unité du CNRS en Ordonnancement

communiqué par Vincent T'kindt, Equipe OC - Laboratoire d'Informatique - Polytech Tours

Voilà une bonne nouvelle pour la communauté!

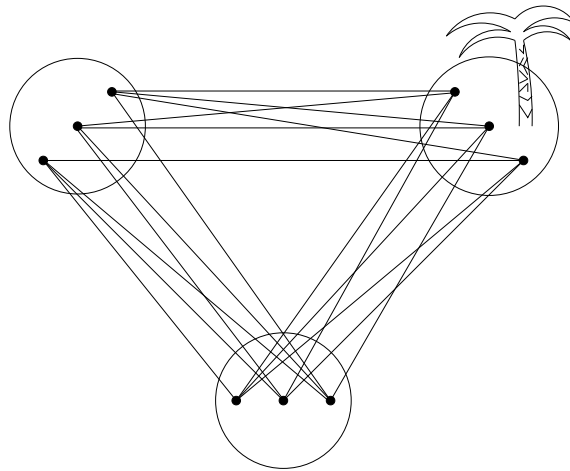
Depuis le 1er janvier 2012, l'équipe Ordonnancement et Conduite (OC) du Laboratoire d'Informatique (EA 6300) de l'Université François Rabelais de Tours a été reconnue comme *Equipe de Recherche Labellisée* (ERL 6305) par l'Institut des Sciences de l'Information et de leurs Interactions (INS2I) du CNRS. L'équipe OC, qui développe des travaux de recherche sur et autour de la théorie de l'ordonnancement, contribuera à porter cette thématique au sein du CNRS. Cette labellisation permet également de bénéficier des outils mis à disposition par le CNRS et l'INS2I pour le développement de la recherche. Pour plus d'informations vous pouvez contacter Vincent T'kindt (tkindt@univ-tours.fr).

Les énigmes de la RO

Le Triangle des Bermudes

énigme communiquée par Denis Cornaz (Lamsade, Université Paris-Dauphine)

Emergeant de l'océan Atlantique, à mi-chemin entre Agadir et Dallas, le mystérieux archipel des Bermudes, composé de trois îles paradisiaques, abrite $3n$ informaticiens répartis équitablement sur chaque île. Chaque informaticien est en connexion bidirectionnelle avec $n + 1$ informaticiens des deux autres îles. Est-il possible que ce réseau ne contienne aucun triangle ?



En d'autres termes, on se demande s'il y a toujours au moins un triangle dans un graphe G (simple, non-orienté et non-vide) *triparti*, *équilibré* et $(\frac{|V(G)|}{3} + 1)$ -*régulier*, c'est-à-dire que l'ensemble $V(G)$ des sommets de G se décompose en trois sous-ensembles stables (ne contenant aucune arête), de même cardinalité n , et chaque sommet est incident à $n + 1$ arêtes.

N'hésitez pas à nous envoyer vos énigmes ! (olivier.spanjaard@lip6.fr)

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 2012

Les cotisations pour l'année 2012 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) ou Dominique Feillet (secretaire@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), 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 360 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
Gianni Di Pillo
Matthias Ehrgott
Matteo Fischetti
Michel Grabisch
Fikri Karaesmen
François Louveaux
Alix Munier
Marc Pirlot
Romeo Rizzi
Annick Sartenaer
Marc Sevaux
Maria Grazia Speranza
Francis de Véricourt

Senior Editors

Philippe Baptiste
Denis Bouyssou
Frank Plastria

EDITORIAL

No end of the world in 2012 for 4OR
L. Liberti · T. Marchant · S. Martello 1

INVITED SURVEY

Learning from conflicts in propositional satisfiability
Y. Hamadi · S. Jabbour · L. Sais 15

RESEARCH PAPERS

A characterisation of stable sets in preordered structure
T. Matsuhisa 33

A simulated annealing hyper-heuristic methodology for flexible decision support
R. Bai · J. Blazewicz · E.K. Burke · G. Kendall · B. McCollum 43

Delay analysis of a discrete-time multiclass slot-bound priority system
S. De Clercq · B. Steyaert · H. Bruneel 67

Robust energy planning in buildings with energy and comfort costs
M. Jacomino · M.H. Le 81

PHD THESES

New approaches for solving the resource-constrained project scheduling problem
O. Kané 105

Algorithms for selection and graph-coloring problems with applications in marketing and micro-economics
F. Talla Nobibon 107

The impact of collaboration and smoothing replenishment rules on supply chain performance
S. Cannella 109

Further articles can be found at www.springerlink.com

Abstracted/Indexed in: Science Citation Index Expanded (SciSearch), SCOPUS, Zentralblatt Math, EranLit, Google Scholar, Academic OneFile, Cabell's, 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 J Oper Res are available at www.springer.com/10288