

# Le bulletin

Semestriel



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

Édition Automne - Hiver 2011  
Numéro 27 - Décembre 2011

Le mot du bureau

Article invité : T. Benoist, J. Darlay, B. Estellon, F. Gardi, R. Megel, K. Nouioua

LocalSolver : Black-box local search for combinatorial optimization

Article invité : S. Dauzère-Pérès

Recherche Opérationnelle et Aide à la Décision en Fabrication de Semi-Conducteurs

Article invité : C. Artigues et P. Lopez

Le groupe MOGISA du LAAS-CNRS

Vie de l'association :

Conférence ROADEF 2012

Challenge ROADEF-EURO 2012

Vie des groupes de travail ROADEF

Comptes-rendus de manifestations

EnsROtice

Manifestations à venir et parutions d'ouvrages

Rejoindre la ROADEF

Éditeur ..... Francis Sourd, SNCF, Innovation & Recherche, 45 rue de Londres, 75379 Paris Cedex 08

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

Publication ..... Christelle Guéret, IRCCyN - École des Mines de Nantes, La Chantrerie, 44307 Nantes

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

Langues officielles ..... Français et anglais



## Le mot du bureau

Chers amis de la ROADEF, Chers collègues,

Ce second semestre de l'année 2011 a été marqué par la prise de contact du nouveau bureau avec les affaires en cours. En effet, l'année 2012 s'annonce d'ores et déjà bien animée. Le congrès, qui aura lieu exceptionnellement en avril, est déjà bien lancé puisque l'appel à contributions se termine. Comme l'an dernier, des prix seront remis aux meilleures contributions de jeunes chercheurs. Le challenge ROADEF-EURO, sponsorisé par Google, est sur le point de terminer sa phase de qualifications, avec un nombre record de participants. Les noms des finalistes seront annoncés en février tandis que la finale aura lieu lors du congrès EURO 2012 à Vilnius. Enfin, le prix Robert Faure a de son côté reçu 10 candidatures que le jury est en train d'examiner. Le prix sera remis à Angers.

Le bureau sortant se prépare quant à lui à céder la place. La passation officielle a lieu le 1er janvier mais nous continuerons à travailler ensemble jusqu'à la prochaine AG, le 12 avril à Angers. Avant de partir, notre trésorier Denis Montaut a eu la gentillesse de pousser encore un peu plus loin le processus d'automatisation des adhésions. Le paiement par carte bleu met désormais immédiatement à jour la liste des membres. De plus, Denis en a profité pour lancer une campagne personnalisée d'invitation à adhérer en ligne où chaque membre a la possibilité de mettre à jour ses coordonnées. Cela allège ainsi le fastidieux travail de traitement des adhésions. Merci beaucoup Denis, au nom des deux bureaux et de tes futurs successeurs.

Bonne fin d'année à tous,

Francis Sourd et Nadia Brauner

---

### Contacter le bureau actuel

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

- [president@roadef.org](mailto:president@roadef.org) : Francis Sourd
- [secretaire@roadef.org](mailto:secretaire@roadef.org) : Nadia Brauner
- [tresorier@roadef.org](mailto:tresorier@roadef.org) : Denis Montaut
- [vpresident1@roadef.org](mailto:vpresident1@roadef.org) : Christelle Guéret (le bulletin)
- [vpresident2@roadef.org](mailto:vpresident2@roadef.org) : Nathalie Sauer (le site web)
- [vpresident3@roadef.org](mailto:vpresident3@roadef.org) : François Vanderbeck (4'OR et relations internationales)

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 prochain

- Présidente : Nadia Brauner
- Secrétaire : Dominique Feillet
- Trésorier : Frédéric Gardi
- Vice-président 1 (bulletin) : Olivier Spanjaard
- Vice-président 2 (site web) : Nathalie Sauer
- Vice-président 3 (4'OR et relations internationales) : Luce Brotcorne
- Chargé de mission pour la promotion de la RO/AD : Laurent Alfandari (en remplacement d'Éric Pinson)

## Article invité

# LocalSolver

## Black-box local search for combinatorial optimization

Thierry Benoist<sup>1</sup>, Bertrand Estellon<sup>2</sup>, Julien Darlay<sup>1</sup>,  
Frédéric Gardi<sup>1</sup>, Romain Megel<sup>1</sup>, Karim Nouioua<sup>2</sup>

{tbenoist,jdarlay,fgardi,rmegel}@bouygues.com  
{bertrand.estellon,karim.nouioua}@lif.univ-mrs.fr

www.localsolver.com

## 1 Pourquoi LocalSolver ?

Un des plus beaux outils fournis par la programmation mathématique est sans nul doute l'algorithme du simplexe de Dantzig [5] pour la programmation linéaire. Le magazine *Computing in Science and Engineering* le citait parmi le top 10 des algorithmes du 20<sup>ème</sup> siècle dans son numéro de l'an 2000. En effet, qui n'a jamais été émerveillé en regardant défiler les itérations de son solveur de programmation linéaire préféré ? On modélise et "il" résout. C'est magique ! Nul n'a besoin de connaître les fondements mathématiques et encore moins toute l'ingénierie algorithmique sur lesquels repose l'efficacité du simplexe pour résoudre un programme linéaire. En revanche, l'utilisateur doit parvenir à modéliser le problème qui lui est posé, en des termes souvent bien éloignés des mathématiques. Mais cela, c'est l'affaire du chercheur opérationnel : variables de décision, contraintes et objectifs, et le tour est joué. Magique ! Pourtant, d'aucuns pourraient trouver à y redire : n'est-ce pas un comble que la star de la programmation mathématique – le simplexe – ne soit pas efficace au sens de la *théorie* de la complexité (puisqu'exponentiel dans le pire des cas) ? Le praticien, lui, n'en est pas moins heureux : que l'efficacité *empirique* du simplexe soit encore mal comprise n'est pas un souci pour lui, tant que ça marche !

Malheureusement, beaucoup des problèmes que l'on pose aux chercheurs opérationnels ne sont pas linéaires mais combinatoires. La programmation en variables entières (PLNE) est ainsi devenu un sujet de préoccupation majeur pour nombre de mathématiciens et d'informaticiens. Mais à ce jour, il n'existe

point d'algorithme magique pour résoudre ce type de programmes (à moins que  $P = NP$ , il n'en existera sans doute jamais). Les algorithmes les plus performants pour traiter ce type de programmes sont fondés sur la technique de séparation et évaluation, connue sous le nom de *branch and bound* en anglais. Ces algorithmes utilisent généralement le simplexe comme routine d'évaluation, pour calculer la relaxation linéaire du sous-problème obtenu après branchement. Cette technique de *branch and bound* appartient à la grande famille des techniques de recherche arborescente, qui consistent en une exploration de l'espace des solutions par instantiation itérative des variables de décision. L'efficacité de ces approches en pratique repose sur leur capacité à élaguer l'arbre de recherche (de taille exponentielle dans le pire des cas). Grâce aux progrès algorithmiques et à l'accélération des processeurs, les meilleurs solveurs de PLNE peuvent aujourd'hui s'attaquer à des programmes comportant plus de 100 000 variables booléennes lorsque leur relaxation linéaire n'est pas trop mauvaise. Il n'en reste pas moins que ces solveurs butent encore sur des programmes fortement combinatoires à quelques milliers de variables.

Que font donc les praticiens lorsqu'aucun solveur de PLNE n'est capable de résoudre leur problème ? Beaucoup implémentent un algorithme de recherche locale. Les techniques de recherche locale consistent à appliquer de façon itérative des transformations (locales) à une solution dans le but d'en trouver de meilleures [1]. Bien que ne garantissant pas l'obtention d'un optimum, ces techniques sont appréciées des chercheurs opérationnels car elles permettent d'obtenir des solutions de qualité

1. Bouygues e-lab, Paris.

2. Laboratoire d'Informatique Fondamentale – CNRS UMR 6166, Aix-Marseille Université, Marseille-Luminy.

en des temps d'exécution de l'ordre de la minute. Toutefois, la conception et l'implémentation d'algorithmes de recherche locale performants n'est pas chose facile. La couche algorithmique dédiée à l'évaluation des transformations est particulièrement délicate à mettre en oeuvre, car elle demande une expertise en algorithmique et une dextérité dans la programmation que tous les ingénieurs ne possèdent pas. Plusieurs logiciels ont vu le jour dans le but de faciliter le développement d'algorithmes de recherche locale. Mais la majorité de ces logiciels n'offre pas de fonctionnalités notables quant à la couche algorithmique responsable de l'évaluation (incrémentale) des mouvements, qui reste entièrement à la charge de l'utilisateur.

Nous pensons qu'en dépit des progrès algorithmiques et de l'augmentation de la puissance de calcul, les approches par pure recherche arborescente resteront limitées face aux problèmes combinatoires de grande taille, notamment face aux grands problèmes industriels qui intègrent toujours plus de dimensions, de contraintes et d'objectifs. Qu'est-ce qui nous fait dire cela? Tout d'abord, nous observons que bien souvent la relaxation continue n'apporte rien à la recherche alors que son calcul est très coûteux en temps. Dès lors, pourquoi perdre du temps à énumérer des solutions partielles? Ensuite, pourquoi une recherche arborescente incomplète serait-elle plus performante qu'une recherche locale? En effet, dès lors qu'elle ne termine pas, une recherche arborescente n'offre aucune garantie sur la qualité de la solution fournie, ni même seulement l'obtention d'une solution admissible. De plus, il est difficile d'explorer par recherche arborescente un espace de façon randomisée (non biaisée). C'est pourquoi les solveurs de PLNE les plus performants intègrent de plus en plus d'éléments de recherche locale [4, 8].

Si seule la recherche locale permet de passer à l'échelle, alors pourquoi ne pas envisager un solveur fondé sur la recherche locale? Quelques travaux vont dans ce sens. Les meilleurs prouveurs SAT sont basés sur des techniques de recherche locale [10]. Mais en dépit de quelques succès [13], les tentatives d'extension de ces techniques à la PLNE se sont montrées peu convaincantes face à des problèmes industriels d'optimisation. iOpt [12] et Comet CBLS [11] sont des frameworks visant à faciliter l'implémentation d'heuristiques de recherche locale en s'appuyant sur une évaluation incrémentale automatique. Mais à ce jour, nous ne connaissons pas de solveur *boîte-noire* fondé sur la recherche locale pour l'optimisation combinatoire (en particulier aucun qui ne soit utilisé industriellement).

Fort de notre expertise et de nos expériences en recherche locale (notamment les Challenges ROADEF 2005 et 2007 [6, 7]), nous avons débuté en 2007 le projet LocalSolver. Ce projet à long terme, alliant des ingénieurs du Bouygues e-lab (Thierry Benoist, Frédéric Gardi, puis Romain Megel et Julien Darlay récemment recrutés) et des chercheurs du Laboratoire d'Informatique Fondamentale (LIF) de Marseille (Bertrand Estellon, Karim Nouioua), avait pour objectifs : 1) définir un formalisme de modélisation mathématique simple et générique adapté à une résolution par recherche locale (*model*); 2) développer un solveur efficace exploitant ce formalisme avec comme principe fondamental "que le solveur fasse ce qu'un expert en recherche locale ferait" (*run*).

## 2 LocalSolver 1.x

Début 2010, une première version de LocalSolver était diffusée permettant de résoudre des *programmes non linéaires en variables 0-1 de grande taille* (plus de 100 000 variables) issus de problématiques industrielles (par exemple, le problème d'ordonnement de véhicules posé par Renault lors du Challenge ROADEF 2005). Une version 1.1 améliorée (recuit simulé, *multithreading*, etc.) a été présentée à l'occasion de ROADEF 2011; elle compte plus de 1000 téléchargements à ce jour. Ces versions 1.x sont gratuites pour toute utilisation, y compris à des fins commerciales. Le solveur est en exploitation dans plusieurs filiales du Groupe Bouygues (TF1, ETDE, Colas) mais aussi en dehors : la société de services Eurodecision l'a adopté pour résoudre certains de ses problèmes (par exemple, l'optimisation énergétique d'une ligne de métro pour Siemens).

Bien qu'il requière quelques 10 000 lignes de code C++, le cœur de LocalSolver se résume en deux points : 1) des mouvements structurés sur les variables booléennes, tels des chaînes ou cycles d'éjection, tendant à maintenir l'admissibilité de la solution courante; 2) une évaluation de ces mouvements accélérée par l'exploitation des invariants induits par les opérateurs mathématiques employés au sein du modèle. LocalSolver est ainsi capable de réaliser près d'un million de mouvements admissibles par minute, assurant une convergence rapide vers des solutions de bonne qualité, même pour des modèles de grande taille. Pour plus de détails techniques, nous invitons le lecteur à consulter [3].

Comme tout algorithme de recherche locale, LocalSolver est conçu pour optimiser et non pour prouver. Nous n'insisterons jamais assez sur le fait qu'un bon modèle pour une résolution par recherche

locale (et donc par LocalSolver) doit être orientée “optimisation”, laissant apparaître un très large espace de solutions admissibles. Pour cela, il est préférable de relâcher les contraintes dures en minimisant les écarts à celles-ci en priorité au sein de la fonction objectif (*goal programming*). LocalSolver a précisément été pensé pour optimiser un ensemble d’objectifs dans un ordre lexicographique (`minimize 100 * x - y`; peut s’écrire simplement `minimize x`; `maximize y`;). Notons toutefois que les problèmes de satisfaction au sens strict du terme sont rarement rencontrés en entreprise. Une bonne modélisation doit au contraire garantir l’obtention d’une solution car un “*no solution found*” n’est généralement que de peu d’utilité pour les utilisateurs d’un logiciel d’aide à la décision.

### 3 LocalSolver 2.0

Convaincus de l’intérêt pratique de notre approche, ces premiers succès industriels nous ont permis d’envisager une commercialisation de la version 2.0 de LocalSolver. Cette commercialisation sera réalisée par Bouygues, en partenariat avec Aix-Marseille Université et le LIF. Ainsi, la prochaine version de LocalSolver, dont la sortie est prévue pour début 2012, restera gratuite pour la recherche et l’enseignement, mais deviendra payante pour toute utilisation commerciale. LocalSolver 2.0 sera composé d’un modèleur permettant le prototypage rapide d’applications d’optimisation ainsi que d’interfaces de programmation orientées objet (C++, Java, .NET) permettant une intégration totale de ces applications au sein des systèmes d’information. Les binaires du logiciel et du gestionnaire de licences seront fournis pour l’architecture x86 (i686) et les 3 systèmes d’exploitation Linux 2.6, Mac OS X 10.4 (Tiger), Windows XP. Ces binaires, la documentation du logiciel (guide de démarrage rapide, manuels de référence, tutoriels) et les conditions générales d’utilisation seront disponibles sur [www.localsolver.com](http://www.localsolver.com).

LocalSolver 2.0 comporte plusieurs nouveautés importantes, tant sur le plan fonctionnel que technique. Tout d’abord, un modèleur est fourni dans le nouveau “pack” LocalSolver. Le langage de modélisation mathématique proposé est pleinement adapté à une résolution par LocalSolver (il fournit de nombreux opérateurs mathématiques et facilite le *goal programming*). Mais au-delà, ce langage interprété intègre le meilleur des dernières technologies de script : un typage fort mais dynamique (comme Python), une déclaration implicite des variables (comme Lua ou PHP). De nombreuses fonc-

tions peuvent être utilisées à la fois pour la modélisation et pour la programmation, facilitant ainsi la prise en main du langage. Par exemple, `c <- a * b` signifie que l’on déclare dans le modèle une expression  $c$  correspondant au produit des variables de modélisation  $a$  et  $b$ , alors que `c = a * b` signifie que l’on affecte à  $c$  le produit des variables de programmation  $a$  et  $b$ . Il en résulte des programmes moins verbeux et plus lisibles que ceux écrits avec les langages existants. Enfin, une singularité du langage est qu’il n’offre pas de fonction *main* : le flot d’exécution du programme est déterminé par l’appel de 5 fonctions principales *input*, *model*, *param*, *display*, *output*. Les fonctions ou variables intégrées au modèleur ont des valeurs par défaut (par exemple *param* qui permet de paramétrer la résolution du modèle par le solveur). Seule la fonction *model* doit être nécessairement programmée. L’idée est de réduire autant que possible les efforts de programmation du praticien. Voici un exemple de modèle LSP (*LocalSolver Programming*) permettant de résoudre le problème du sac-à-dos.

```
/* knapsack.lsp */

function input() {
  nbItems = 8;
  weights = {2, 20, 20, 30, 40, 30, 60, 10};
  values = {15, 100, 90, 60, 40, 15, 10, 1};
  sackBound = 102;
}

function model() {
  // 0-1 decisions
  x[i in 0..nbItems-1] <- bool();

  // weight constraint
  sackWeight <-
    sum[i in 0..nbItems-1](weights[i] * x[i]);
  constraint sackWeight <= sackBound;

  // maximize value
  sackValue <-
    sum[i in 0..nbItems-1](values[i] * x[i]);
  maximize sackValue;
}

function param() {
  LSTimeLimit = 60;
  LSNbSearches = 4; // run 4 searches in parallel
}
```

Nous considérons qu’un modèleur est destiné au prototypage : il doit permettre d’aller vite par sa simplicité tout en cadrant le travail du praticien. Pour une utilisation avancée de LocalSolver (par exemple pour une intégration dans un système d’information), nous recommandons d’utiliser les API orientées objet du solveur (C++98, Java 5, .NET 2.0), qui n’en restent pas moins légères puisqu’exposant quelques classes seulement. Précisons une

fois encore que dans tous les cas, l'utilisateur n'a à fournir à LocalSolver que le modèle à résoudre ; en outre, il peut s'il le souhaite paramétrer la stratégie de recherche à l'aide de quelques "leviers" (nombre de *threads*, taille maximale du voisinage exploré, niveau de dégradation du recuit simulé, *etc.*).

Sur le plan technique, les performances de LocalSolver 2.0 ont été portées à un niveau encore supérieur, bien au-delà des capacités des meilleurs solveurs actuels en programmation 0-1 : *des modèles comportant plus de 10 millions de variables de décision peuvent être résolus en quelques minutes sur des ordinateurs standards*. Par exemple, LocalSolver 2.0 résout via un modèle LSP d'une centaine de lignes les instances A posées par Google dans le contexte du Challenge ROADEF 2012. Voici les solutions obtenues en 5 minutes pour ces instances (voir <http://e-lab.bouygues.com/?p=1179> pour plus de détails) :

instances	variables	binaires	contraintes	solutions
A1-1	6020	400	503	44 306 501
A1-2	1 812 044	100 000	100 595	781 767 475
A1-3	1 423 438	100 000	26 097	583 006 134
A1-4	753 404	50 000	9 913	278 035 772
A1-5	229 213	12 000	13 905	727 578 312
A2-1	1 415 324	100 000	102 300	1 984 001
A2-2	3 769 381	100 000	19 770	1 268 279 367
A2-3	3 843 977	100 000	20 213	1 683 410 301
A2-4	1 537 771	50 000	13 373	2 035 401 379
A2-5	1 556 017	50 000	13 260	522 930 188

## 4 Et après ?

Le projet LocalSolver ne s'arrête pas là ! Des développements ambitieux sont envisagés à plus ou moins long terme. Un premier point concerne la *modélisation en nombres entiers* qui seule peut permettre de passer à des échelles encore supérieures. En effet, un gros défaut de la modélisation booléenne est qu'elle induit généralement un nombre quadratique de variables (si ce n'est plus). Ainsi, le modèle booléen utilisé pour résoudre le Challenge ROADEF 2012 ne tient plus en mémoire dès lors que l'on s'attaque à des instances de taille maximale (50 000 tâches à affecter à 5 000 processeurs, impliquant 250 millions de variables de décision 0-1). Une modélisation en nombres entiers permet d'obtenir un modèle dont la taille est linéaire en la taille de l'instance traitée. Nous disposons aujourd'hui d'un premier prototype permettant de réaliser une telle modélisation : celui-ci résout les instances de taille maximale du Challenge (avec 1 Go de mémoire vive allouée). Ces modèles "entiers" nous permettent d'attaquer des problèmes dont les modèles booléens équivalents contiendraient plus d'un milliard de va-

riables 0-1. Nous travaillons encore à étendre ce formalisme de manière à pouvoir modéliser simplement et résoudre efficacement les problèmes d'ordonnement et de routage. À plus long terme, nous souhaitons attaquer les *modèles en variables mixtes* (discrètes et continues) en nous appuyant sur la même méthodologie [2, 9]. Pour ce faire, nous envisageons une résolution des problèmes d'optimisation en variables continues par (pure) recherche locale.

## Références

- [1] E. Aarts, J.K. Lenstra (1997). *Local Search in Combinatorial Optimization*. John Wiley & Sons.
- [2] T. Benoist, B. Estellon, F. Gardi, A. Jeanjean (2011). Randomized local search for real-life inventory routing. *Transport. Sci.* 45, pp. 381–398.
- [3] 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, pp. 299–316.
- [4] E. Danna, E. Rothberg, C. Le Pape (2005). Exploring relaxation induced neighborhoods to improve MIP solutions. *Math. Program. A* 102, pp. 71–90.
- [5] G.B. Dantzig (1963). *Linear Programming and Extensions*. Princeton University Press.
- [6] B. Estellon, F. Gardi, K. Nouioua (2008). Two local search approaches for solving real-life car sequencing problems. *Eur. J. Oper. Res.* 191, pp. 928–944.
- [7] B. Estellon, F. Gardi, K. Nouioua (2009). High-performance local search for task scheduling with human resource allocation. In *SLS 2009, LNCS 5752*, pp. 1–15.
- [8] M. Fischetti, A. Lodi (2003). Local branching. *Math. Program. B* 98, pp. 23–47.
- [9] F. Gardi, K. Nouioua (2011). Local search for mixed-integer nonlinear optimization : a methodology and an application. In *EvoCOP 2011, LNCS 6622*, pp. 167–178.
- [10] B. Selman, H. Kautz, B. Cohen (1996). Local search strategies for satisfiability testing. In *Cliques, Coloring, and Satisfiability : 2nd DIMACS Implementation Challenge*. AMS.
- [11] P. Van Hentenryck, L. Michel (2005). *Constraint-Based Local Search*. MIT Press.
- [12] C. Voudouris, R. Dorne, D. Lesaint, A. Liret (2001). iOpt : a software toolkit for heuristic search methods. In *CP 2001, LNCS 2239*, pp. 716–730.
- [13] J.P. Walser (1999). Integer optimization by local search : a domain-independent approach. *LNAI 1637*. Springer.

## Article invité

# Recherche Opérationnelle et Aide à la Décision en Fabrication de Semi-Conducteurs

Stéphane Dauzère-Pérès<sup>1</sup>  
dauzere-peres@emse.fr

Ce court article vise à présenter quelques challenges auxquels nous avons été confrontés ces dernières années en fabrication de semi-conducteurs, pour lesquels la recherche opérationnelle et l'aide à la décision ont été particulièrement utiles. Afin de placer le contexte, il faut tout d'abord différencier les usines dites de "front end" des usines "back end". Les problématiques discutées dans cet article concernent les usines "front end". Dans ces usines, qui supportent la plus grosse partie des coûts, sont fabriquées des plaquettes ("wafers" en anglais) de puces en plusieurs centaines d'étapes (plus de 700 pour les technologies les plus avancées), dont des étapes de test de plus en plus nombreuses. C'est dans les usines "back-end", que l'on trouve principalement dans les pays à bas coût de main-d'œuvre, que sont découpées les puces sur les plaquettes et ensuite packagées pour être vendues comme produits finis. En ce qui concerne les usines "front end", elles sont classées souvent en deux types : "high mix" si le portefeuille de produits différents fabriqués dans l'usine est très varié, et "low mix" dans le cas contraire. L'industrie européenne de fabrication de semi-conducteurs est en grande majorité de type "high mix", ce qui induit une plus grande complexité de gestion car les équipements ne peuvent pas être dédiés à un seul produit. De plus, une forte automatisation des étapes de fabrication et de transfert est nécessaire dans les usines avancées. Dans ce contexte, il est important de développer des outils de conception, planification et pilotage qui permettent de maximiser la flexibilité et la réactivité du système de fabrication, tout en garantissant le niveau de qualité élevé imposé par les clients.

Les problèmes d'ordonnancement rencontrés dans les usines de fabrication de semi-conducteurs sont parmi les plus complexes par la variété et la taille des problèmes à traiter ([7]). Les processus et les principaux ateliers dans une usine "front end" sont présentés dans la figure 1, auxquels il faut ajouter les ateliers de tests vers lesquels sont réguliè-

ment envoyés des lots sélectionnés entre certaines étapes de fabrications. Les lots (en général 25 plaquettes d'un même produit) visitent de nombreuses fois (jusqu'à 40 pour certains produits) le même atelier. Chaque atelier a ses particularités, avec des contraintes et objectifs spécifiques. De plus, on peut trouver des différences significatives entre le même type d'atelier dans différentes usines.

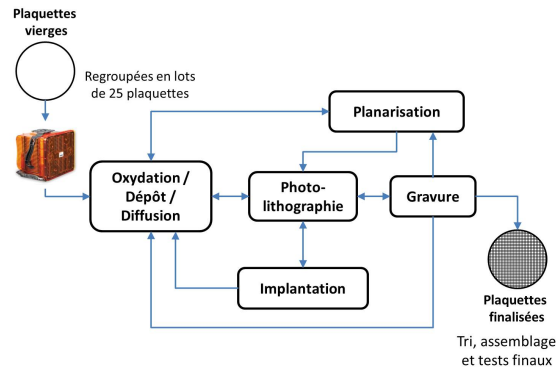


Fig. 1. Principaux ateliers dans une usine "front end" (tiré de [7])

Certains travaux visent à résoudre le problème global d'ordonnancement (voir par exemple [6]), qu'on peut grossièrement modéliser comme un problème dans un atelier de type job-shop complexe. Ces travaux restent cependant largement théoriques, car il paraît difficilement envisageable de résoudre globalement l'ordonnancement de plusieurs centaines de lots devant subir plusieurs centaines d'opérations sur des centaines de ressources de production, de transport, de stockage et de métrologie. Outre la taille et la complexité du problème résultant, il n'est pas forcément pertinent de vouloir décider simultanément de l'enchaînement de toutes les opérations sur un horizon très long. L'objectif est plutôt d'assurer la cohérence des décisions prises au niveau global, visant par exemple à gérer les priorités des lots dans les différentes étapes de leur fabrication, et l'optimisation locale des opérations dans les différents ateliers (voir par exemple les premiers

1. Ecole des Mines de Saint-Etienne, Département Sciences de la Fabrication et Logistique, CMP - Site Georges Charpak, 880 avenue de Mimet, 13541 Gardanne, FRANCE



travaux réalisés dans [1]). Il faut noter que la plupart des outils opérationnels dans les sites de fabrication de semi-conducteurs fonctionnent avec des règles de priorité parfois très complexes à concevoir et à maintenir, car elles doivent considérer tous les cas possibles. Même si la littérature scientifique est importante, ce n'est que relativement récemment que des applications réussies d'ordonnement optimisé en contexte industriel ont été présentées (voir par exemple [10] et [11]).

Nous nous sommes intéressés aux problèmes d'ordonnement dans l'atelier photolithographie, qui sont à la base un problème d'ordonnement à machines parallèles non identiques avec des familles de produits nécessitant des temps de préparation. Cependant, la modélisation réaliste du problème passe par la gestion de ressources additionnelles (masques ou réticules), et la prise en compte de diverses autres caractéristiques (chevauchement des opérations). L'étape de photolithographie vise à transférer le motif d'un masque sur la plaquette. Chaque masque correspond à une opération dans la gamme d'un produit donné et est très coûteux. Il est par conséquent souvent unique. De plus, les équipements ne peuvent stocker qu'un nombre limité de masques. Il est ainsi nécessaire de considérer la gestion optimisée des masques quand les lots sont ordonnancés dans l'atelier photolithographie. Par ailleurs, un équipement de photolithographie est en fait composé de plusieurs machines internes fonctionnant en série, et comprend plusieurs ports de chargement permettant de lancer plusieurs lots en parallèle qui se chevauchent. Nous avons développé et mis en œuvre industriellement un logiciel prototype combinant heuristiques gloutonnes et algorithme génétique. Les solutions proposées visent principalement à minimiser les changements de configurations des équipements et les temps de cycle, tout en respectant des objectifs de nombres de lots à fabriquer par produit.

L'atelier diffusion, particulièrement complexe, comprend des machines de type "batch" qui peuvent traiter plusieurs lots en même temps, et chaque lot doit passer sur plusieurs machines avant de sortir de l'atelier. Une modélisation par graphe disjonctif a permis de proposer des heuristiques de construction combinées avec des opérateurs de recherche locale ([10]). Ces approches ont été implémentées dans un prototype industriel qui a permis d'intégrer de nombreuses contraintes pratiques, comme des temps minimaux et maximaux d'enchaînement d'opérations, ou des périodes de maintenance sur les machines. Des améliorations significatives ont été observées sur les indicateurs prin-

cipaux que sont la taille moyenne des "batches", à maximiser, et les temps de cycle, à minimiser. Nous travaillons actuellement sur l'atelier implantation ionique, qui se caractérise aussi par un enchaînement d'opérations pour chaque lot, mais avec diverses contraintes fortes de temps de préparation. Une nouvelle modélisation par graphe disjonctif a été proposée, qui permet encore une fois de faciliter la conception et la mise en œuvre d'opérateurs de voisinage dans une recherche locale.

Les perspectives consistent à étudier la modélisation et la résolution de problèmes combinant différents niveaux de décision, en particulier l'ordonnement et le contrôle avancé des procédés (voir par exemple [2], [4] et [8]). Dans ce dernier cas, il s'agit de considérer des contraintes ou des critères liés au contrôle des équipements et des procédés dans les décisions d'ordonnement des lots.

Un autre problème crucial pour les fabricants de semi-conducteurs est la planification optimisée des capacités, qui vise à assurer l'adéquation entre les capacités de fabrication et les plans de production ([3]). Parce que les investissements sont très coûteux (plusieurs millions d'euros pour certaines machines), il est indispensable de les utiliser au mieux, mais aussi de définir quand l'acquisition d'un nouvel investissement est nécessaire. Plus d'une année peut s'écouler entre la décision d'investir dans un nouvel équipement et la mise en œuvre effective de celui-ci. Ces délais peuvent même être plus longs pour certaines machines de dernière génération ou si les équipementiers sont surchargés, ce qui a été le cas après la reprise mi-2010. La complexité de planifier les capacités est accrue dans les usines "high mix", où le choix adapté des qualifications des équipements est critique pour faire face aux volumes prévisionnels des différents produits. De plus, maintenir la qualification d'un produit sur un équipement est coûteux. Des problématiques originales de modélisation et d'optimisation de la flexibilité sont associées à la gestion des qualifications (voir [9] et [5]). Il s'agit en particulier d'optimiser l'équilibrage des charges sur les équipements et les qualifications des produits sur les équipements. La résolution du problème d'optimisation non linéaire associé permet de caractériser la flexibilité d'un ensemble de qualifications pour des volumes donnés des différents produits. Nous avons ensuite proposé des heuristiques et une méta-heuristique pour optimiser le choix des qualifications ou disqualifications à effectuer sur les équipements. La figure 2 présente une copie d'écran de la version initiale d'un logiciel d'aide à la décision. Le "WIP" correspond aux volumes prévisionnels des différentes "recettes" (pro-

duits) sur le parc d'équipements ("tools"). Différents indicateurs de flexibilité sont proposés ("WIP flexibility", "Time flexibility", "Toolset flexibility" et "System flexibility" qui regroupe les trois premiers indicateurs), tous exprimés en pourcentage pour des raisons de lisibilité pour les utilisateurs. Le premier tableau présente les gains en pourcentage sur l'indicateur sélectionné ("WIP flexibility" dans l'exemple) si la qualification associée était réalisée (par exemple, 21,1% si la "Recette 3" était qualifiée sur le "Tool 6"). Le second tableau montre les gains sur les quatre indicateurs si les trois meilleures qualifications proposées dans le premier tableau (cases en couleur) étaient réalisées.

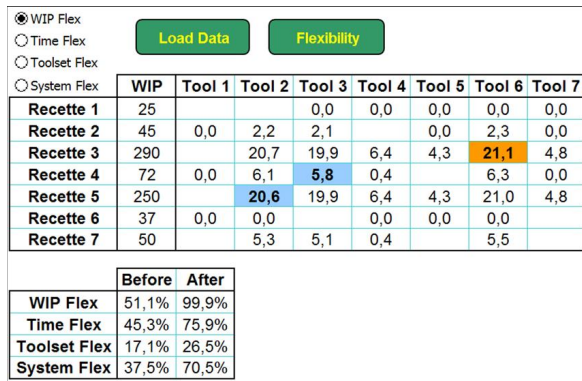


Fig. 2. Gestion optimisée des qualifications

D'autres travaux font aussi appel à la recherche opérationnelle et l'aide à la décision, comme l'optimisation de paramètres clés des politiques de gestion du système de transport et de stockage automatisé. Les contrôles qualité (mesures des produits tout au long de la fabrication) sont coûteux et sans valeur ajoutée, mais de plus en plus nombreux dans les procédés de fabrication. Les travaux sur l'optimisation des opérations de contrôle visent à sélectionner et mesurer les produits afin de minimiser le risque, tout en respectant les contraintes de capacité limitée de métrologie.

De manière générale, le génie industriel se doit d'être au cœur des compétences des fabricants européens de semi-conducteurs, principalement "high mix", qui veulent rester compétitifs dans un marché globalisé. La capacité à innover en génie industriel passe par la conception et la mise en œuvre de méthodes avancées de recherche opérationnelle et d'aide à la décision. Cependant, la difficulté réside dans l'investissement important nécessaire pour se familiariser avec les processus physiques, informationnels et décisionnels d'une industrie qui est probablement la plus complexe, avant de pouvoir être force de propositions sur de nouveaux sujets de recherche.

**Remerciements.** Je remercie les membres du département Sciences de la Fabrication et Logistique, en particulier Claude Yugma, ainsi que Philippe Vialletelle, Leon Vermarien et Jacques Pinaton de STMicroelectronics.

## Références

- [1] M. Bureau, S. Dauzère-Pérès, C. Yugma, L. Vermarien, J.-B. Maria. Simulation results and formalism for global-local scheduling in semiconductor manufacturing, *Modeling and Analysis of Semiconductor Manufacturing 2007 (MASM 2007)*, in *Winter Simulation Conference 2007 (WSC 2007)*, pp. 1768-1773, 2007.
- [2] Y. Cai, E. Kutanoglu, J. Hasenbein, J. Qin. Single-machine scheduling with advanced process control constraints, *Journal of Scheduling*, à paraître, <http://dx.doi.org/10.1007/s10951-010-0215-8>.
- [3] B. T. Denton, J. Forrest, R. J. Milne. IBM Solves a Mixed-Integer Program to Optimize Its Semiconductor Supply Chain, *Interfaces* 36, 5, pp. 386-399, 2006.
- [4] B. Detienne, S. Dauzère-Pérès, C. Yugma. Scheduling jobs on parallel machines to minimize a regular step total cost function, *Journal of Scheduling* 14, 6, pp. 523-538, 2011.
- [5] C. Johnzén, S. Dauzère-Pérès, P. Vialletelle. Flexibility Measures for Qualification Management in Wafer Fabs, *Production Planning and Control* 22, 1, pp. 81-90, 2011.
- [6] S. J. Mason, J. W. Fowler, W. M. Carlyle. A modified shifting bottleneck heuristic for minimizing total weighted tardiness in complex job shops, *Journal of Scheduling* 5, 3, pp. 247-262, 2002.
- [7] L. Mönch, J. W. Fowler, S. Dauzère-Pérès, S. J. Mason, O. Rose. A Survey of Problems, Solution Techniques, and Future Challenges in Scheduling Semiconductor Manufacturing Operations. *Journal of Scheduling* 14, 6, pp. 583-599, 2011.
- [8] A. Obeid, S. Dauzère-Pérès, C. Yugma, A. Ferreira. Scheduling Job Families on Non-Identical Parallel Machines under Run-To-Run Control Constraints, *12th International Conference on Project Management and Scheduling (PMS'10)*, pp. 309-313, Tours, France, Avril 2010.

- [9] M.-L. Espinouse, M. Jacomino, A. Rossi. The Robustness of Multi-Purpose Machines Workshop Configuration, chapitre 3 de *Flexibility and Robustness in Scheduling*, Wiley, pp. 53-71, 2008.
- [10] C. Yugma, S. Dauzère-Pérès, C. Artigues, A. Derreumaux, O. Sibille. A Batching and Scheduling Algorithm for the Diffusion Area in Semiconductor Manufacturing, *International Journal of Production Research*, à paraître, <http://dx.doi.org/10.1080/00207543.2011.575090>.
- [11] T. Yurtsever, E. Kutanoglu, J. Johns. Heuristic Based Scheduling System for Diffusion in Semiconductor Manufacturing, *Modeling and Analysis of Semiconductor Manufacturing 2009 (MASM 2009)*, in *Winter Simulation Conference 2009 (WSC 2009)*, pp. 1677-1685, 2009.

## Article invité

### Le groupe MOGISA du LAAS-CNRS

communiqué par **Christian Artigues et Pierre Lopez**  
<http://www.laas.fr/MOGISA>



Daniel Laura, LAAS-CNRS

### Le groupe MOGISA au LAAS

**Le laboratoire** Le LAAS (Laboratoire d'Analyse et d'Architecture des Systèmes) est une unité propre du CNRS rattachée à l'Institut des Sciences de l'Information et de leurs Interactions (INS2I). Situé à Toulouse, il est associé par convention aux six membres fondateurs du PRES "Université de Toulouse" : Université Paul Sabatier (UPS), Institut National des Sciences Appliquées (INSA) de Toulouse, Institut National Polytechnique de Toulouse (INPT), Institut Supérieur de l'Aéronautique et de l'Espace, Université du Mirail et Université Toulouse 1 Capitole. Focalisé, lors de sa création en 1968, sur l'automatique et ses applications spatiales, la notion de "système" a rapidement émergé comme concept au centre des travaux menés au laboratoire, plaçant comme objet de recherche la complexité à toutes les échelles. Actuellement, le LAAS mène des recherches en sciences et technologies de l'information, de la communication et des systèmes dans quatre grands domaines : les micro et nano systèmes et technologies ; l'optimisation, la commande et le traitement du signal ; les systèmes informatiques critiques ; la robotique et l'intelligence artificielle.

**Le groupe** Le groupe MOGISA a été créé en avril 2003. Son nom, "Modélisation, Optimisation et Gestion Intégrée de Systèmes d'Activités", abscons pour beaucoup, reflète la diversité des approches traitées alors par les membres à l'origine du groupe, affiliés à différentes communautés scientifiques, de l'Automatique discrète à l'Intelligence Artificielle, en passant bien sûr par la Recherche Opérationnelle. Cette diversité s'explique par la culture initiale des chercheurs ayant initié les premiers travaux en ordonnancement au LAAS, notamment Jacques Erschler et François Roubellat. Depuis, les activités en Recherche Opérationnelle se sont accrues, plus particulièrement sur la thématique historique de l'ordonnancement, les approches par contraintes, plus récemment sur les transports avec les problèmes de tournées de véhicules.

Le groupe a créé des liens forts avec l'Institut de Mathématiques de Toulouse et l'Institut de Recherche en Informatique de Toulouse. Nous avons ainsi conjointement organisé le congrès ROADEF 2010, co-encadré une thèse, participé à un contrat industriel et fait émerger le groupe TORO (Toulouse Optimisation et Recherche Opérationnelle; voir [www.toro-toulouse.fr/](http://www.toro-toulouse.fr/)). Nous organiserons éga-

lement les journées conjointes JFPC 2012 et JIAF 2012 en partenariat avec la plupart des équipes toulousaines du domaine.

Au cours des cinq dernières années, le groupe MOGISA a connu une expansion importante. Nous avons en effet réussi à recruter cinq membres permanents depuis 2006. L'équipe se compose actuellement de : Christian Artigues (CR [HDR], CNRS), Cyril Briand (MdC [HDR], UPS), Patrick Esquirol (MdC, INSA), Emmanuel Hébrard (CR, CNRS), Laurent Houssin (MdC, UPS), Marie-José Huguet (MdC [HDR], INSA), Nicolas Jozefowicz (MdC, INSA), Pierre Lopez (DR, CNRS), Colette Mercé (Pr, INSA), Julien Moncel (MdC, IUT de Rodez), Sandra Ulrich Ngueveu (MdC, INPT). A ce jour, nous accueillons également trois post-doctorants et huit étudiants en thèse.

Dans le groupe, toutes ces personnes ont, avec des profils et approches différents, l'objectif commun de résoudre des problèmes d'optimisation combinatoire.

## Thèmes de recherche développés

Le thème historique du groupe est, sans conteste, l'ordonnancement avec deux activités "phares" dans ce domaine qui trouvent leur origine dans les travaux d'Erschler et Roubellat dans les années 70 : la programmation par contraintes pour l'ordonnancement et l'ordonnancement robuste (ou proactif). Dans le premier cas, les contributions du groupe se situent à la fois sur les contraintes globales et les algorithmes de propagation de contraintes dédiées (comme les sélections immédiates et le raisonnement énergétique) et sur les algorithmes de recherche arborescente basés sur des techniques d'apprentissage. Dans le second cas, le groupe s'attache à la proposition de modèles (par exemple les groupes d'opérations permutables, les structures d'intervalles pyramidales) et d'algorithmes efficaces associés pour l'ordonnancement sous incertitudes. Depuis une dizaine d'années, le groupe contribue à l'intégration de la programmation par contraintes et de la programmation linéaire en nombres entiers (PLNE) avec des résultats notables en ordonnancement de projet et, plus récemment, en ordonnancement cyclique.

En optimisation pour la chaîne logistique le groupe s'intéresse depuis de nombreuses années à des approches de planification tactique multi-niveaux. Plus récemment, nos recherches se concentrent sur les méthodes de PLNE, avec une

emphasis sur les problèmes de tournées de véhicules complexes ou "riches", comportant des contraintes compliquantes et/ou de multiples objectifs. De ce fait, les contributions principales concernent le développement d'approches de décomposition (génération de colonnes, méthode de Benders) et d'algorithmes de séparation, évaluation et génération de coupes multiobjectifs.

Au delà de l'ordonnancement et du transport, les méthodes proposées, principalement exactes, visent à améliorer la résolution de problèmes plus généraux d'optimisation discrète et de satisfaction de contraintes. C'est le cas des approches génériques de recherche arborescente intelligente développées par exemple dans le cadre du solveur de programmation par contraintes MISTRAL, mais aussi en ordonnancement robuste et en programmation mathématique multi-objectif. Enfin, parmi les travaux tout récemment menés, on peut également relever des études théoriques sur l'apport de l'algèbre  $(\max,+)$  à l'ordonnancement cyclique et, en théorie des graphes, sur les codes identifiants.

## Contrats et partenariats extérieurs

### Financements institutionnels (projets ANR)

Le groupe participe activement au projet ANR ROBOCOOP (Robustesse et coopération en ordonnancement) en partenariat avec le Laboratoire d'Informatique (LI) de Tours<sup>2</sup>, IBM-ILOG et le Laboratoire d'Informatique de Traitement de l'Information et des Systèmes. L'objectif de ce projet est double. D'une part, il vise à concevoir et implémenter des approches originales de coopération pour l'ordonnancement robuste qui puissent être utilisées dans un environnement distribué et perturbé. D'autre part, il s'agit de développer un ensemble d'outils d'évaluation des méthodes d'ordonnancement robuste, vis-à-vis de plusieurs critères de robustesse.

Il participe aussi au projet ANR RESPET (Gestion de réseaux de service porte-à-porte efficace pour le transport de marchandises) porté par l'INRIA Lille-Nord-Europe dans le cadre du programme "Transports Terrestres Durables", pour la résolution et la modélisation de problèmes de transport multi-objectif.

Le groupe est également impliqué dans deux projets ANR en partenariat avec d'autres groupes du LAAS : le projet AMORES (Architecture pour les systèmes résilients mobiles et ubiquitaires) porté par le groupe "Tolérance aux fautes et Sécurité de

2. En 2011, le groupe a eu l'honneur et le plaisir de recevoir Jean-Charles Billaut, directeur du LI, en délégation CNRS

Fonctionnement" du LAAS dans le cadre du programme "Ingénierie Numérique et Sécurité", pour la résolution de problèmes de calcul d'itinéraires dynamiques multimodaux et de co-voiturage et le projet RESPECTED (Support d'exécution temps réel avec stratégies d'ordonnancement pour systèmes embarqués multicœur avec contraintes thermiques) en partenariat avec le groupe "Outils et Logiciels pour la Communication".

Le groupe participe activement au GdR RO à travers deux projets liés à l'ordonnancement cyclique (avec le LIP6) et une action de recherche fondamentale en recherche opérationnelle (avec l'UTC, le LI Tours et le LIPN) sur le calcul de plus courts chemins multimodaux et/ou multicritères dans les grands graphes.

**Subventions** Le groupe a bénéficié en 2011 d'un soutien exceptionnel de GOOGLE et de l'INS2I du CNRS. Ceci a permis de démarrer un projet centré sur l'analyse et la détection de conflits décisionnels pour la résolution de problèmes d'ordonnancement. La problématique abordée relève de la programmation par contraintes reposant principalement sur les mécanismes de résolution de clauses logiques (problèmes "SAT") et sur l'utilisation de contraintes globales et de techniques de recherche arborescente.

**Contrats industriels** De par sa situation géographique, le LAAS et le groupe MOGISA ont nécessairement lié des liens forts avec les acteurs du

monde aérospatial. On trouve ainsi de nombreuses applications de nos travaux de recherche en partenariat avec Airbus, Thalès, le CNES, l'ENAC. On peut citer par exemple des études sur la conception d'emplois du temps des formations pilotes et agents de maintenance, la gestion des perturbations dans le domaine aérien, la gestion des télécommunications pour les satellites, ou encore la planification d'activités opérationnelles ou d'expériences scientifiques pour l'exploration planétaire.

Des contrats industriels ont été également réalisés dans le domaine des transports terrestres : MobiGis (calcul d'itinéraire multimodaux), SNCF (tournées d'engins de maintenance des voies), Veolia et Novacom Services (collecte de déchets).

**Relations internationales** Pour finir, un des objectifs du groupe est de poursuivre le développement des collaborations internationales qu'il a intensifié ces dernières années. Le groupe a notamment accueilli Alessandro Agnetis (Université de Sienne) et Teodor Crainic (CIRRELT, Montréal) en 2011 et a invité Louis-Martin Rousseau (Polytechnique Montréal) en 2012. Une thèse est actuellement coencadrée avec Rainer Kolisch (TUM, Munich), et le groupe accueille une doctorante belge dans le cadre d'un projet avec Roel Leus (KU Leuven). Dans "l'autre sens", des chercheurs du groupe ont également été invités à l'Université de Concepción (Chili), à la KU Leuven, à la TUM (Munich), au CIRRELT (Montréal), à la CTU (Prague).

## Vie de l'association

---

### Conférence ROADEF 2012

communiqué par Éric Pinson

ROADEF 2012 est le treizième congrès de la Société Française de Recherche Opérationnelle et d'Aide à la Décision. Il est organisé par le groupe Ligérien de recherche opérationnelle (LigéRO). Il aura lieu du 11 au 13 avril 2012 sur le site de l'Institut de Mathématiques Appliquées de l'Université Catholique de l'Ouest au cœur d'Angers.

Le congrès couvre tous les thèmes de la Recherche Opérationnelle et de l'Aide à la Décision. L'objectif est de favoriser les échanges, de concrétiser des collaborations entre chercheurs, de diffuser les résultats les plus récents, notamment auprès des industriels, et de participer à la formation des jeunes chercheurs qui sont fortement encouragés à présenter leurs travaux.

La soumission de communications se fera sous la forme d'un résumé d'environ 2 pages. Vous trouverez sur le site de la conférence les feuilles de style Latex et Word ([roadef2012.ima.uco.fr/](http://roadef2012.ima.uco.fr/)). La soumission de papiers complets post-conférence sera également possible. Les modalités vous seront précisées très prochainement. Vous trouverez sur le site de la conférence (<http://roadef.ima.uco.fr/program.htm>) la liste des sessions d'ores et déjà proposées (plus d'une trentaine à ce jour).

Trois sessions plénières invitées sont également planifiées. Elles seront assurées par J. Carlier (UTC), Ph. Chrétienne (LIP6, UMPC), et L.M. Rousseau (CIRRELT, Montréal). Les abstracts de ces conférences seront postés sur le site de la conférence dans les semaines à venir. Des semi-plénières orientées industrie sont également attendues. Un prix jeunes chercheurs sera enfin reconduit pour cette édition 2012. La sélection des travaux se fera principalement sur résumé long de 4 pages. Lors de l'enregistrement d'une soumission sur le site "Easy Chair", veuillez cocher la case identifiant votre candidature à ce concours parrainé par la ROADEF. Une sélection de papiers longs fera l'objet d'une "special issue" dans RAIRO. Les conditions et modes opératoires vous seront précisés ultérieurement.

Dates importantes :

- 20/12/2011 : Date limite de réception des résumés (courts/longs) extended deadline
- 15/02/2012 : Notification d'acceptation des résumés

L'inscription en ligne est possible sur le site de la conférence (<http://roadef2012.ima.uco.fr/>).

---

### ROADEF 2014 : appel à candidature

En 2013, la conférence ROADEF aura lieu à Troyes. N'hésitez pas à vous faire connaître dès maintenant auprès de [secretaire@roadef.org](mailto:secretaire@roadef.org) si vous souhaitez organiser l'édition de 2014.

## Le challenge ROADEF/EURO 2012 sur la réaffectation de machines bat tous les records à la fin de la phase de qualification !

Communiqué par le comité d'organisation :

Murat Afsar, Christian Artigues, Eric Bourreau et Safia Kedad-Sidhoum (ROADEF)  
Ender Ozcan, Marc Sevaux (EURO), Emmanuel Guéré (Google)  
[challenge.roadef.org](http://challenge.roadef.org)

La phase de qualification du challenge ROADEF/EURO 2012 se termine le 8 décembre 2011. A l'heure où nous mettons sous presse, on dénombre pas moins de 71 équipes inscrites de 29 pays différents, soit plus de 180 personnes. C'est donc un record absolu depuis la création du challenge en 1999 avec, par exemple, une augmentation de 60% d'équipes enregistrées par rapport à l'édition 2010, et il reste encore quelques jours pour s'inscrire ! Dans le palmarès des pays, on trouve en tête la France avec 13 équipes inscrites. Viennent ensuite la Chine (8), les Etats-Unis (6), le Chili (5), le Brésil (4), l'Allemagne et la Belgique (3). Les autres pays totalisent une ou deux équipes. Au hasard, parmi eux, on trouve l'Arabie Saoudite, l'Australie, le Japon, la Malaisie et la Nouvelle-Zélande. Etonnant, ce challenge "européen" sur la résolution de problèmes d'optimisation qui intéresse le monde entier ?

L'explication de cet engouement provient certainement en partie de l'entreprise (Google) qui propose le sujet du challenge cette année, même si la renommée croissante de cette compétition a aussi probablement son effet.

On rappelle le sujet du challenge, intitulé sobriement « Problème de réaffectation de machines », et qui tranche par la simplicité de son énoncé avec la plupart des problèmes industriels précédemment proposés :

*L'objectif est d'améliorer l'utilisation d'un ensemble de machines. Une machine dispose de plusieurs ressources, par exemple de type RAM ou CPU, et exécute des processus qui consomment ces ressources. Initialement, chaque processus est affecté à une machine. Afin d'améliorer l'utilisation de ces machines, chaque processus peut être déplacé*

*sur une autre machine, mais des contraintes dures limitent les possibilités de déplacement, comme par exemple la capacité limitée des ressources, et chaque déplacement a un coût. Une solution au problème est une affectation des processus aux machines satisfaisant toutes les contraintes dures. L'objectif est de minimiser le coût total.*

Les équipes ont pu s'inscrire dans les catégories junior et senior habituelles mais aussi dans une nouvelle catégorie "logiciel libre". Chaque équipe a remis un résumé de sa méthode et un programme exécutable testé sur un premier ensemble d'instances pas trop difficiles : les instances « A ».

Il faut noter que le LIP6 met gracieusement à disposition les machines et les licences qui serviront à évaluer les programmes des participants. L'équipe d'organisation tient ainsi à remercier chaleureusement son directeur, les chercheurs et le personnel technique qui ont rendu cela possible.

Les équipes qualifiées seront révélées le 8 février 2012 et présentées à ROADEF 2012 en avril à Angers. Elles devront éprouver leurs méthodes sur un second jeu d'instances (plus difficiles) : les instances « B ». Le programme final sera remis le 8 juin 2012 et testé sur le fameux jeu d'instances « X », de difficulté équivalente au jeu « B » mais demeurant inconnu des candidats. Les résultats finaux seront annoncés au cours d'EURO 2012 au mois de juillet à Vilnius où les prix, pour un montant total de 20.000 euros, seront remis.

En attendant, les évaluateurs vont certainement avoir des choix difficiles pour placer la barre des qualifications afin de départager les candidats. Les vacances de Noël vont être studieuses pour les uns et méritées pour les autres !



## Vie des groupes de travail ROADEF

---

compte rendu des activités du groupe

### SCDD : Systèmes Complexes et Décisions Distribuées

communiqué par Marc Bui

Une des activités du groupe est la modélisation des processus de décision et la construction d'outils informatiques permettant d'appréhender ces prises de décision qui sont à la fois distribuées, coopératives et collaboratives.

Une autre activité du groupe, de nature plus fondamentale, concerne la modélisation des systèmes complexes. Deux des outils privilégiés pour cette modélisation sont la prétopologie et les multialéatoires : la prétopologie est une version affaiblie de la topologie qui permet de structurer des données plongées dans des espaces pauvres du point de vue de leur structure mathématique, et d'analyser des phénomènes d'agrégation de préférences. Les multialéatoires (random sets) permettent de modéliser des situations où l'observé est un ensemble et non plus un point. Cela consiste à remplacer le concept de variable aléatoire par celui d'ensemble aléatoire. Le groupe travaille à l'élaboration de concepts d'estimation de paramètres dans ce cadre des multialéatoires et notamment pour l'analyse de simulation de systèmes complexes ou encore pour des modélisations en santé et environnement. C'est ainsi que le groupe est fortement impliqué dans un projet AIR CNRS intitulé MOUSSON qui a pour but la modélisation et l'étude de la diffusion de la pollution dans des capitales africaines. La complexité des facteurs intervenant dans les situations de pollution atmosphérique nécessite que les plans de lutte contre cette pollution s'appuient sur la connais-

sance des mécanismes de diffusion des polluants dans l'atmosphère, et la connaissance des comportements socio-économiques intervenant dans le processus. Le groupe de travail s'est réuni en 2011 à plusieurs occasions, notamment en mars à l'île de la Réunion (journées Prétopologie 8, les 15-16 mars 2011), en mai à Beaune (journées Prétopologie 9, les 23-24-25 mai 2011), en juin à Versailles (CaRO, PRISM) et en novembre (CaRO-PRISM, UVSQ). Le programme des journées est disponible sur le web ([urlwww.pretopologics.net](http://www.pretopologics.net))

#### Recherche et formation diplômante

- mémoire de Clément Mathieu (U. Lyon 1) sur la modélisation d'émission de polluants dans l'air : soutenu en septembre 2011, Master Santé Populations, mention Bien (simulation multi-modèle avec Anylogic)
- thèse de Cynthia Basileu (U. Lyon 1) : diffusion d'épidémies, soutenance le 2 décembre
- Un travail de thèse, M. Bui Quang Vu en cotutelle va démarrer avec l'université de Huê, Vietnam sur les multialéatoires et en lien avec la maison de la simulation pour la multiestimation
- Un livre Basics of Pretopology a été édité chez Hermann et publié en 2011.
- Avis de décès : décès de Marcel Brissaud, père de la prétopologie. Une journée en sa mémoire sera organisée prochainement. Information dès que possible.

---

compte rendu des activités du groupe

### JFRO : Journées Franciliennes de Recherche Opérationnelle

communiqué par Cédric Bentz

#### Compte-Rendu de la 25<sup>ème</sup> journée JFRO, co-organisée avec l'AFIA

La 25<sup>ème</sup> édition des Journées Franciliennes de Recherche Opérationnelle s'est déroulée le mercredi 28 septembre 2011 à l'Université Paris 6 (Pierre et

Marie Curie). Cette journée avait pour thème "Recherche Opérationnelle et Intelligence Artificielle", et était co-organisée avec l'AFIA (Association Française d'Intelligence Artificielle).

La journée a débuté par deux courtes présentations : une présentation de l'AFIA par son pré-

sident, Yves Demazeau (LIG, CNRS), et une présentation de la ROADEF par son président, Francis Sourd (SNCF). Puis, Vincent Gosselin (IBM) a présenté, au cours d'un exposé intitulé "Innovative applications of optimization", quelques applications innovantes de méthodes de RO et d'IA (et, en particulier, de la programmation par contraintes), notamment pour des problèmes d'équilibrage de charge dans des usines d'assemblage, ou encore pour la construction de plannings dans un contexte de forte flexibilité. Ces applications ont comme point commun la nécessité de fournir une solution dans un délai très réduit (contexte de semi-temps réel). Thierry Benoist (Bouygues E-Lab) a ensuite fait une présentation du solveur LocalSolver intitulée "LocalSolver, a black-box local-search solver for combinatorial optimization". Ce solveur a la particularité de chercher à résoudre des problèmes d'optimisation combinatoire à l'aide de méthodes de recherche locale (intégrées dans un algorithme de type recuit simulé), tout en conservant l'approche "boîte noire" de la plupart des solveurs commerciaux implémentant des méthodes exactes. L'objectif d'une telle approche est d'aider l'utilisateur à se focaliser sur la modélisation de son problème, la mise en œuvre d'une méthode de résolution devant alors nécessiter le moins de paramétrage possible, et étant ainsi aussi rapide que possible. Le dernier exposé de la matinée, intitulé "What is a decision problem? An algorithmic decision theory perspective", a été assuré par Alexis Tsoukias (Université Paris-Dauphine, CNRS), qui a présenté un cadre général permettant de définir précisément ce qu'est un problème de décision d'un point de vue algorithmique. En particulier, on peut envisager un tel problème comme consistant à partitionner un ensemble d'objets en un certain nombre de classes, ce qui donne lieu à quatre catégories de problèmes (selon que les classes sont ordonnées ou non, et que le classement s'effectue par rapport à une norme prédéfinie ou bien en comparant les éléments deux à deux).

L'après-midi a débuté par un exposé de Nicolas Maudet (Université Paris 6, LIP6) intitulé "Choix social computationnel", au cours duquel quelques applications du choix social computationnel en lien avec des problématiques d'allocation de ressources

ont été présentées. Dans ce cadre, on cherche à partager le mieux possible des ressources limitées à l'aide d'enchères sur le prix des ressources : ce cadre général a notamment été illustré sur un problème d'enchères de mots-clefs dans un moteur de recherche. L'exposé suivant a été assuré par Gérard Petitjean (Eurodecision), qui a présenté à son tour quelques applications industrielles faisant à la fois appel à des méthodes de RO et d'IA. On peut citer en particulier l'utilisation conjointe de la programmation par contraintes et de la programmation en nombres entiers pour générer des roulements de personnel à la RATP, ou bien l'utilisation conjointe d'algorithmes évolutionnaires et de méthodes multicritères pour décider des tests à effectuer lors de la conception de produits, ou encore l'utilisation conjointe de techniques d'optimisation et de systèmes multi-agents pour la gestion de patrouilles de drones à la DGA. Enfin, la journée s'est achevée par un exposé d'Olivier Spanjaard (Université Paris 6, LIP6) intitulé "Aspects computationnels de la décision séquentielle dans l'incertain avec des modèles non-EU", au cours duquel il a étudié les aspects algorithmiques liés à un problème de décision dans l'incertain utilisant un modèle de préférence RDU (pour *Rank Dependent Utility*). Bien qu'optimiser le critère EU classique (qui consiste à maximiser l'espérance de l'utilité) dans un arbre de décision puisse se faire facilement par la programmation dynamique, le problème devient NP-difficile sous le critère RDU. Un algorithme de résolution exacte par énumération implicite basé sur des règles de dominance stochastique a alors été présenté, ainsi que les résultats expérimentaux obtenus.

Cette journée a attiré près de 50 participants issus des communautés RO et IA, et devrait être suivie d'autres journées du même type. Les transparents des exposés de cette journée sont d'ores et déjà en ligne sur le site des JFRO (<http://jfro.roadef.org>).

**Le comité d'organisation :** Lucie Galand (Univ. Paris Dauphine), Hacene Ouzia (Univ. Paris 6), Cedric 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

- Participation à l'organisation de la conférence NIDISC'2012 (15th International Workshop on Nature Inspired Distributed Computing), 21-25 mai 2012, Shanghai, Chine.
- Edition d'un numéro spécial du journal International Journal of Swarm Intelligence Research, en relation avec la conférence IC-SI'2011 (International Conference on Swarm Intelligence), organisée en juin 2011, à Cergy-Pontoise. Editeurs invités : R. Chelouah, M. Clerc, J. Kennedy et P. Siarry. Parution en 2012.
- Organisation de la conférence META'2012 (International Conference on Metaheuristics and Nature Inspired Computing), 27-31 octobre 2012, Port El-Kantaoui, Sousse, Tunisie.
- Le comité d'organisation :** Patrick Siarry et El-Ghazali Talbi
- Organisation de sessions dans les conférences LION'2012 et EURO'2012.

compte rendu des activités du groupe

## POC : Polyèdres et Optimisation Combinatoire

communiqué par Sylvie Borne

### JPOC7 du 8 au 10 juin 2011

La septième édition des Journées Polyèdres et Optimisation Combinatoire (JPOC7) s'est déroulée à l'Université de Valenciennes, du 8 au 10 juin 2011. Elles ont réuni une soixantaine de participants. Comme les journées précédentes, elles se sont articulées en sessions plénières, afin de donner la possibilité aux participants d'assister à l'ensemble des exposés. Elles ont donné lieu à 20 présentations, liées aux différents aspects des polyèdres et à leurs applications en optimisation combinatoire, dont six ont été données par des conférenciers invités : Mourad Baiou (LIMOS, Université Blaise Pascal, Clermont-Fd), Francisco Barahona (IBM, New York), François Clautiaux (LIFL, Université de Lille 1), Antoine Deza (McMaster University, Hamilton, Ontario, Canada), Salah Elmaghraby (North Carolina State University) et Paolo Toth (DEIS, University of Bologna). Ces journées ont été marquées par une forte participation de doctorants et de jeunes chercheurs. Elles ont été par conséquent, une occasion pour plusieurs chercheurs de se retrouver et de discuter de questions de recherche et des possibilités de collaboration, ce qui était un des objectifs des journées. Ces journées, organisées par Eric Duchenne et Said Hanafi (LAMIH, Université de Valenciennes), ont bénéficié de l'appui financier de l'Université de Valenciennes et du Hainaut-Cambrésis, de l'Insti-

tut des Sciences et Techniques de Valenciennes, de l'Université Lille Nord-de-France, de son École doctorale Sciences Pour l'Ingénieur, des laboratoires LAMIH et LIFL, du Cisit, de la région Nord-Pas de Calais ainsi que de la ROADEF et du GdR RO.

### Minicours : Approches polyédrales en supply chain

Un minicours a été organisé les 6, 7 et 8 juin 2011, précédant les Journées JPOC7. Ce cours s'adressait principalement aux jeunes chercheurs voulant découvrir les approches polyédrales en supply chain. Ils ont regroupé une vingtaine de participants. Le cours s'est articulé autour de l'optimisation de la chaîne logistique globale, au travers notamment d'applications en transport. Les intervenants ont été Dominique Feillet (École des Mines de Saint-Etienne), Nenad Mladenovic (School of Mathematics, Brunel University), Frédéric Semet (Ecole Centrale de Lille) ainsi que Paolo Toth (University of Bologna). Ce cours gratuit a permis également aux doctorants de faire valider un module d'école doctorale.

### Sessions POC lors de la conférence ROADEF 2012

Le groupe de travail POC organise cette année plusieurs sessions autour des thématiques de POC dans le cadre de Roadef 2012 qui aura lieu à An-

gers du 11 au 13 avril 2012. Nous espérons que ces sessions POC, très suivies les années précédentes, permettront de présenter de nouveaux résultats intéressants et seront l'occasion de collaborations.

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

Cette année, les journées JPOC sont remplacées, tout comme en 2010, par une conférence internationale parrainée par le groupe POC. La conférence ISCO (International Symposium on Combinatorial Optimization) dont ce sera la deuxième édition, se déroulera du 19 au 21 avril 2012 à Athènes en Grèce. Elle est 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 aura lieu en langue anglaise et sera ouverte à tous les thèmes de l'Optimisation Combinatoire. Son comité scientifique comporte une quarantaine de chercheurs de plus de vingt pays et parmi les experts du domaine. Quatre exposés plénières sont programmés dans la conférence, ils seront donnés par :

- Giorgio Ausiello (Università di Roma "La Sa-

pienza")

- Christos Papadimitriou (UC Berkeley)
- George Nemhauser (Georgia Tech)
- Paolo Toth (Università di Bologna)

Un numéro spécial du journal Mathematical Programming Series B 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 du 17 au 18 avril 2012**

Une école de printemps (spring school) sur le thème "Mathematical Programming and Design of Approximation Algorithms" sera organisée à Athènes (sur le même site) avant la conférence ISCO 2012, les 17 et 18 avril 2012. Cette école est destinée aux doctorants et jeunes chercheurs. Mais elle est ouverte à tous. Elle sera assurée par David Shmoys et David Williamson (Cornell University, USA).

Pour plus d'informations sur ISCO 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 EMPG'11

**Paris, 29-30 août 2011**

<http://www.infres.enst.fr/~hudry/EMPG/>

communiqué par Olivier Hudry, Télécom ParisTech

L'European Mathematical Psychology Group (EMPG) est né en 1971, à Paris, sous l'impulsion donnée par Jean-Claude Falmagne. À côté des rencontres annuelles de la Society for Mathematical Psychology aux États-Unis, l'EMPG organise aussi ses propres journées annuelles, dans différents pays européens. Ainsi, pour les dix dernières années, ces rencontres eurent lieu en Finlande (2010), aux Pays-Bas (2009), en Autriche (2008), au Luxembourg (2007), en France (2006), en Italie (2005), en Belgique (2004), en Espagne (2003), en Allemagne (2002) et au Portugal (2001). Pour 2011, les journées annuelles de l'EMPG se sont déroulées à Télécom ParisTech, du 29 au 30 août 2011. Elles furent aussi l'occasion de célébrer le quarantième anniversaire du groupe, dans la cité où fut fondé le groupe.

Cette conférence, gratuite grâce aux soutiens financiers dont nous avons bénéficié, dont celui de la ROADEF, se propose de favoriser les échanges entre chercheurs ou doctorants sur les différents aspects mathématiques et informatiques de la psychologie, dont les thèmes suivants : modèles mathématiques, modèles de la cognition et de l'apprentissage, modèles probabilistes, aide à la décision et recherche opérationnelle, intelligence artificielle, sciences cognitives, théorie des jeux, psychométrie, connexionnisme, théorie du mesurage, méthodes statistiques, aspects informatiques, complexité, etc.

Le programme scientifique reflétait cette diversité, avec 6 exposés en session plénière, présentés par Christine Choirat (Espagne), Adele Diederich (Allemagne), Jean-Claude Falmagne (États-Unis), Thierry Marchant (Belgique), Maartje Raijmakers (Pays-Bas), Luca Stefanutti (Italie), un hommage rendu par Dietrich Albert et Cord Hockemeyer (Autriche) aux travaux de Jean-Claude Falmagne et 47 exposés en sessions parallèles ou sous forme de posters. Le programme détaillé ainsi que le recueil des résumés des 54 exposés ou posters peuvent être trouvés en ligne, sur le site Internet consacré à la conférence. Environ 80 personnes, dont une quinzaine de doctorants, se sont inscrites à ces journées, la plupart venant de pays européens (Allemagne, Autriche, Belgique, Espagne, France, Italie, Russie, etc.), mais aussi parfois de plus loin (notamment des États-Unis, ou encore de Colombie). La publication d'un numéro spécial des *Electronic Notes in Discrete Mathematics* et d'un numéro spécial du journal *Mathématiques et Sciences humaines - Mathematics and Social Sciences* prolongera ces rencontres. Le lecteur intéressé trouvera de plus amples détails sur le site Internet consacré à la conférence.

---

### Compte-rendu de EWGLA'11

**Nantes, 12-14 octobre 2011**

<http://ewgla2011.irccyn.ec-nantes.fr/>

communiqué par Olivier Péton, École des Mines de Nantes

Du 12 au 14 octobre 2011, Nantes accueillait le 19ème congrès de l'Euro Working Group on Locational Analysis (EWGLA), le groupe de travail de l'EURO sur les problèmes de localisation.

La conférence était organisée sous l'égide de deux projets de recherche - LigÉRO et OLASI - financés par la région des Pays de la Loire. Labellisée par la ROADEF, cette manifestation a également

reçu le soutien de l'École des Mines de Nantes, de l'Université de Nantes, de La Poste, de la CCI de Nantes St-Nazaire, de l'EURO et du Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche.

Pendant trois jours, la conférence a réuni au Laboratoire IRCCyN 90 chercheurs venus de 15 pays européens et non européens (États-Unis, Canada, Chili, Japon). Le programme scientifique fut très

dense. En trois jours se sont succédé 48 intervenants en session plénière, pour communiquer sur les avancées théoriques et les applications du domaine. Le thème à l'honneur cette année était le hub location, avec pas moins de trois sessions et une présentation pour marquer les 25 ans de l'article fondateur "The location of interacting hub facilities" de Morton O'Kelly.

Nous avons également eu le plaisir d'accueillir deux présentations invitées. Maarten van der Vlerk

(Université de Groningen, Pays-Bas) a fait un exposé sur l'optimisation stochastique pour les problèmes à variables mixtes. Richard Eglese (Lancaster University Management School, U.K.) a présenté un état de l'art sur les travaux d'optimisation en logistique verte.

La prochaine édition du congrès EWGLA aura lieu à Ankara en avril 2013.

---

## Projet EnsROtice

par Marie-Claude Portmann

Le projet EnsROtice, de développement de TICE (TICE = Technologie de l'Information et de la Communication pour l'Enseignement) pour la Recherche Opérationnelle, progresse plus lentement que prévu. Néanmoins, une version provisoire (à améliorer en tenant compte des remarques des experts qui suivent ce projet) du module de niveau <L> (pour les débutants dès la licence) du chapitre "théorie des graphes", peut être consultée à l'URL : [http://orchids.loria.fr/portmann/ML1-1/co/module\\_L.html](http://orchids.loria.fr/portmann/ML1-1/co/module_L.html)

D'autres animations nouvelles destinées au module <L> ou même au module <M> (niveau <master>) sont régulièrement ajoutées au début de la page html dont on vous avait déjà fournie l'URL dans un précédent bulletin :

[http://orchids.loria.fr/portmann/URL\\_EnsROtice.html](http://orchids.loria.fr/portmann/URL_EnsROtice.html)

Je tiens à remercier tout particulièrement Christophe Wibaut de Valenciennes qui, depuis un an, suit très régulièrement tous les développements qui sont proposés sur cette URL et fournit des remarques, des conseils et des idées, voire des morceaux de scénarios d'animations ou de tests afin d'améliorer les animations proposées. D'autres personnes ont commencé à réagir depuis la rentrée de septembre et c'est SUPER. Il est très important qu'un maximum de personnes de notre communauté qui enseignent les graphes ou qui les utilisent dans d'autres cours suggèrent à leurs étudiants de visiter cette URL et retournent des remarques, conseils et idées d'amélioration à Marie-Claude.Portmann@loria.fr (merci d'avance de vos réactions).

## Manifestations à venir

### Conférences parrainées par la ROADEF

- **du 9 au 11 mai 2012 : BELIEF 2012, Compiègne** (<http://www.hds.utc.fr/belief2012/>)  
La seconde conférence sur la théorie des fonctions de croyance aura lieu à l'Université de Technologie de Compiègne, du 9 au 11 mai 2012. Elle est organisée par le laboratoire Heudiasyc.

La théorie des fonctions de croyance est également connue sous le vocable de théorie de l'évidence, ou encore théorie de Dempster-Shafer. Introduite par Arthur P. Dempster dans le contexte de l'inférence statistique, elle a ensuite été développée par Glenn Shafer comme un formalisme général pour la modélisation de l'incertitude épistémique. Ces contributions fondamentales sont à l'origine de nombreux développements, comme le Modèle des Croyances Transférables ou la théorie des Hints. La théorie des fonctions de croyance est aujourd'hui reconnue comme un cadre très général permettant de gérer les informations incertaines, ayant de nombreux liens avec d'autres formalismes comme la théorie des probabilités, la théorie des possibilités, ou encore la théorie des probabilités imprécises.

Les conférences biennales BELIEF ont pour objectifs d'exposer les récentes avancées, de présenter les nombreuses applications, et plus généralement de favoriser l'échange d'idées, en lien avec la théorie des fonctions de croyance. La première édition a eu lieu à Brest, en 2010. La seconde édition aura lieu à Compiègne, du 9 au 12 mai 2012.

Cette conférence sera l'occasion d'échanger autour de la théorie des fonctions de croyance et des domaines de recherche connexes, tels que les ensembles aléatoires et la théorie des possibilités. Les contributions originales concernant des aspects théoriques (prise de décision, règles de combinaison, fonctions de croyance continues, indépendance, modèles graphiques, estimation statistique, etc) sont les bienvenues, de même que les travaux portant sur l'application des fonctions de croyance à divers problèmes tels que la fusion de données, la reconnaissance de formes, la classification, le data mining, le suivi, le traitement du signal et des images, le diagnostic médical, l'incertitude dans les modèles numériques, etc.

Les travaux pourront être présentés lors de sessions orales plénières, ou sous forme de posters. Les dates importantes sont :

- date limite de soumission : 16 décembre 2011 ;
- notification d'acceptation : 20 janvier 2012.

- **du 28 mai au 1er juin 2012 : CPAIOR 2012, Nantes** (<http://www.emn.fr/z-info/cpaior-2012/>)

Organisée par l'Ecole des Mines de Nantes en partenariat avec le LINA, l'INRIA et le groupe LigéRO, la 9ème conférence CPAIOR se tiendra à Nantes, en France, du 28 mai au 1er juin 2012. La conférence CPAIOR (International Conference on Integration of Artificial Intelligence and Operations Research Techniques in Constraint Programming) vise à réunir autour des techniques et applications en optimisation combinatoire des chercheurs issus de la programmation par contraintes, de l'intelligence artificielle et de la recherche opérationnelle afin qu'ils mutualisent leur expertise tirée de leurs approches respectives.

Aperçu des thèmes de la conférence :

- Techniques d'inférence et de relaxation.
- Techniques d'intégration.
- Méthodes de modélisation.
- Applications innovantes de techniques issues de PPC, IA ou RO.
- Implémentation de techniques et de solveurs de PPC, IA ou RO.

La conférence comprendra une master class sur l'ordonnancement, des ateliers thématiques et trois jours de conférences plénières.

Dates importantes :

- résumé : 1er décembre 2011
- article complet : 5 décembre 2011
- notification : 12 janvier 2012

- **du 6 au 8 juin 2012 : MOSIM 2012, Bordeaux** (<http://www.mosim12.org/>)  
MOSIM'12, 9e Conférence Internationale de Modélisation, Optimisation et Simulation aura lieu à Bordeaux du 6 au 8 juin 2012 sur le thème Performance, Interopérabilité et sécurité pour le développement durable.  
Les problèmes et domaines scientifiques abordés, ainsi que les champs applicatifs sont détaillés sur le site.  
Le comité de programme de MOSIM'12 compte une centaine de membres (dont environ 25% de français).  
Les communications sont en Français ou en Anglais. L'appel à publication est téléchargeable à l'adresse <http://www.mosim12.org/>  
La date limite de proposition des communications et des sessions spéciales est le 2 janvier 2012. Les modalités de soumission sont décrites sur le site de la conférence. Toute correspondance scientifique s'effectue par mail à l'adresse [mosim2012@ims-bordeaux.fr](mailto:mosim2012@ims-bordeaux.fr)  
Conférenciers invités (Keynote Speakers) de MOSIM'12 :
  - Prof. Shimon Y. Nof, Director of PRISM Center and School of Industrial Engineering, Purdue University, U.S.A, <http://engineering.purdue.edu/~nof>
  - Prof. Markos Papageorgiou, Director of Dynamic Systems & Simulation Laboratory, Technical University of Crete, Greece, <http://www.dssl.tuc.gr/>
  - Prof. Adelinde M. Uhrmacher, Institute of Computer Science, University of Rostock, Germany, <http://www.mosi.informatik.uni-rostock.de/mosi>
  - Prof. Hans Wortmann, Professor in Information Management, University of Groningen, The Netherlands, <http://www.rug.nl/staff/j.c.wortmann/index>

### Conférences EURO

- **5-10 février 2012** : XVI ELAVIO, Latin American Operations Research Summer School, Vale dos Vinhedos, Brésil.
- **26-28 avril 2012** : ECCO XXV, EURO XXV International Conference, Antalya, Turquie.
- **8-11 juillet 2012** : EURO 2012, EURO XXV International Conference, Vilnius, Lituanie.

### Autres conférences

- **20-22 April 2012 : SCOR 2012 (3rd Student Conference on Operational Research), Nottingham, UK**  
PhD students from all European Universities studying Operational Research, Management Science or a related field are kindly invited to submit an abstract for presentation at the conference. The purpose of SCOR 2012 is to provide a friendly environment for doctoral candidates to develop their presentation skills, to receive constructive feedback on their work and to meet other students with similar interests.  
Deadline for abstract submission : Friday 17th February 2012  
Presenters will also be invited to submit a paper (no more than 10 pages) on their work to be published electronically as part of the SCOR 2012 proceedings. This will be available in the Dagstuhl OpenAccess Series in Informatics (OASIs).  
Chairman : Stefan Ravizza, University of Nottingham, [smr@cs.nott.ac.uk](mailto:smr@cs.nott.ac.uk)  
Site web : [www.scor2012.com](http://www.scor2012.com)
- **23-25 novembre 2011** : COP1'11, Paris, France.
- **9-11 décembre 2011** : CISE2011, Wuhan, Chine.
- **14-16 décembre 2011** : Conférence à la mémoire de Philippe Flajolet, Paris, France.
- **27-29 février 2012** : DoCEIS'12, Lisbonne, Portugal.
- **11-13 avril 2012** : EvoCOP 2012, Malaga, Espagne.
- **20-22 avril 2012** : SCOR 2012, Nottingham, UK.
- **7-9 mai 2012** : Journées de l'optimisation, HEC Montréal, Canada.
- **23-25 mai 2012** : INCOM 2012, Bucarest, Roumanie.
- **20-21 juin 2012** : GSC 2012, Arras, France.
- **26-29 juin 2012** : GOW12, Natal, Brésil.
- **26-29 août 2012** : ILS 2012, Québec, Canada.



- **30 aout-1er septembre 2012** : GISEH 2012, Québec, Canada.
- **22-23 octobre 2012** : GOL 2012, Le Havre, France.
- **27-31 octobre 2012** : META'2012, Port El Kantaoui, Sousse, Tunisie.

#### Écoles

- **16-20 avril 2012** NATCOR Course - Heuristics and Approximation Algorithms, University of Nottingham, UK
- **17-18 avril 2012** Spring School - Mathematical Programming and Design of Approximation Algorithms, Athènes, Grèce.
- **3-15 juin 2012** EURO Summer Institute 2012 - Maritime Logistics, Breme, Allemagne.
- **2 juin - 6 juillet 2012** NATCOR Course - Convex Optimisation, Brunel University, UK

---

### Parutions d'ouvrages

---

#### Supply Chain Engineering : Useful Methods and Techniques

A. Dolgui and J.M. Proth, Springer, 2010

Pour commander la version ISBN 978-1-84996-016-8 : <http://www.springer.com/engineering/production+eng/book/978-1-84996-016-8>

Pour une version on line : <http://www.springerlink.com/content/978-1-84996-016-8>

#### Partitionnement de graphe

Ouvrage coordonné par C-E. Bichot et P. Siarry, Hermes-Lavoisier, traité IC2 - Juillet 2010

<http://www.lavoisier.fr/fr/livres/index.asp?texte=2746230050&select=isbn&from=Hermes>

---

### Appel à contribution au bulletin : La RO par les jeux

---

Suite à un article de Sylvain Gravier paru dans un précédent numéro du bulletin semestriel et présentant un jeu illustrant de façon ludique le concept de dualité en programmation linéaire, nous souhaitons pérenniser une rubrique "La RO par les jeux" dans les prochains bulletins. Si vous aussi vous avez des expériences de ce genre à partager, n'hésitez pas à contacter le responsable du bulletin à l'adresse suivante : [vpresident1@roadef.org](mailto:vpresident1@roadef.org)

## 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 Denis Montaut (tresorier@roadef.org) ou Nadia Brauner (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 Christelle Guéret (vpresident1@roadef.org), préférablement sous forme de document latex.

#### **Comité de rédaction :**

Nadia Brauner, Christelle Guéret, Denis Montaut, Nathalie Sauer  
 Francis Sourd, François Vanderbeck

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

Christelle Guéret

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  
Gianpaolo Ghiani  
Michel Grabisch  
Fikri Karaesmen  
François Louveaux  
Alix Munier  
Marc Pirlot  
Romeo Rizzi  
Annick Sartenaer  
Marc Sevaux  
Maria Grazia Speranza

**Senior Editors**

Philippe Baptiste  
Denis Bouyssou  
Frank Plastria

INVITED SURVEY

**Political districting: from classical models to recent approaches**  
F. Ricca · A. Scozzari · B. Simeone 223

RESEARCH PAPERS

**On the complexity of a bundle pricing problem**  
A. Grigoriev · J. van Loon · M. Uetz 255

**Solution approach to infinite linear programming problem with capacity constraints**  
Q. Yang 261

**Channel coordination with manufacturer's return policies within a newsvendor framework**  
E.J. Arcelus · S. Kumar · G. Srinivasan 279

INDUSTRY

**LocalSolver 1.x: a black-box local-search solver for 0-1 programming**  
T. Benoist · B. Estellon · F. Gardi · R. Megel · K. Nouioua 299

PHD THESIS

**Solving scheduling problems from high-level models**  
J.-N. Monette 317

**Solving real-world vehicle routing problems in uncertain environments**  
J.E. Mendoza 321

**Enhanced mixed integer programming techniques and routing problems**  
A. Tramontani 325

Further articles can be found at [www.springerlink.com](http://www.springerlink.com)

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

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