



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

Sommaire

Le mot du bureau	1
Entretien avec Marie-Christine Costa	2
Lower bounds in resource constrained shortest path problem algorithms (A. Parmentier)	5
Défis pour la RO pour la planification de soins à domicile (Groupe ROSA du GDR RO)	9
Un nouveau site web pour la ROADEF (A. Jeanjean)	13
Vie du GdR RO (P. Fouilhoux)	14
Le congrès ROADEF2017 à Metz (I. Kacem et C. Rapine)	18
ROADEF/EURO Challenge (E. Bourreau, S. Kedad-Sidhoum, D. Savourey)	18
Bilan du Concours du Master en RO/AD (M. Ozturk)	19
L'énigme de l'hiver 2017 : "Rencontres" (D. Porumbel)	19

Le mot du bureau

par **Sourour Elloumi**

Chers membres de la ROADEF,

Vous avez entre les mains le premier bulletin de l'année 2017 que je vous souhaite sereine et fructueuse. Le bureau actuel est maintenant en fonctionnement depuis un an. Un bureau majoritairement nouveau puisque cinq membres sur sept ont été remplacés début 2016. Chacun a toutefois trouvé ses marques rapidement dans ce bureau. Le 23 février, lors de l'Assemblée Générale ordinaire cette année à Metz, ce sera l'occasion de vous présenter le bilan 2016 et les projets

envisagés pour l'année 2017.

Dans ce numéro, vous trouverez des nouvelles de trois actions majeures de l'activité du bureau en 2016 : une présentation du nouveau site web de la ROADEF par notre "Vice-président2", webmaster, Antoine JEANJEAN, un bilan du concours de la première édition du Prix du stage de Master 2 organisée par Meltem OZTURK, notre Chargée de mission pour la promotion de la RO/AD et une dernière annonce du prochain congrès ROADEF2017 par les organisateurs messins Imed KACEM et Christophe RAPINE.

Egalement dans ce numéro, Marie-Christine COSTA nous fait l'amitié de répondre aux questions d'Anna ROBERT sur son parcours et ses expériences en lien avec la RO ainsi que son point de vue sur certains aspects de l'enseignement et de la recherche. Axel PARMENTIER, jeune docteur et lauréat de l'édition 2016 du Prix Jeune Chercheur de la ROADEF, revient sur une partie de ses travaux de thèse avec un point de vue générique et algébrique de la modélisation et de traitement de certains problèmes d'optimisation de chemins sous contraintes de ressources. Thierry GARAIX et Yannick KERGOSIEN, représentant le Groupe de Travail RO et Santé, font un tour d'horizon de nouveaux problèmes d'optimisation qui se posent dans la planification des soins à domicile et qui génèrent de beaux défis pour la RO. Les rubriques désormais habituelles du GDR RO, du Challenge ROADEF/EURO et l'énigme complètent ce numéro. Merci à tous les contributeurs. Merci Anna. Bonne lecture à tous et à vos plumes pour le prochain numéro !

Contactez le bureau

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

- Président : Sourour Elloumi, president@roadef.org
 - Secrétaire : Aziz Moukrim, secretaire@roadef.org
 - Trésorier : Nicolas Jozefowicz, tresorier@roadef.org
 - Vice-président 1 (bulletin) : Anna Robert, vpresident1@roadef.org
 - Vice-président 2 (site web) : Antoine Jeanjean, vpresident2@roadef.org
 - Vice-président 3 (4'OR et relations internationales) : Sophie Demasse, vpresident3@roadef.org
 - Chargée de mission pour la promotion de la RO/AD : Meltem Ozturk, meltem.ozturk@dauphine.fr
- Pour écrire à l'ensemble du bureau, vous pouvez utiliser l'adresse : bureau@roadef.org

Éditeur	Sourour Elloumi, ENSIE
Siège social	Institut Henri Poincaré, 11, rue Pierre et Marie Curie, 75231 Paris Cedex 05
Publication	Anna Robert, ENGIE
Site web	http://www.roadef.org
Langues officielles	Français et anglais

Entretien avec Marie-Christine Costa

par **correspondance électronique (A. Robert)**



Marie-Christine COSTA est Professeur à l'*ENSTA Paris-Tech*, elle effectue ses recherches à l'*Unité de Mathématiques Appliquées* et au laboratoire *CEDRIC* du *CNAM*.

Avant de parler de ton activité d'enseignante et de chercheuse, raconte-nous comment tu as découvert la RO, et depuis quand tu la pratiques.

Après des études de mathématiques, j'ai suivi le DEA (oui, c'est l'ancien temps!) de théorie des graphes dirigé par l'équipe de Claude Berge à Paris. Or, les graphes et la RO ont toujours été amis. En parallèle, Jean Moscarola, alors directeur de département à l'IUT d'Annecy, m'a confié les cours de Graphes et de RO prévus dans les programmes : il avait lui-même découvert la discipline à HEC. Chaque semaine, j'enseignais donc 12h à Annecy puis j'allais suivre des cours à Paris. Pas certain que mes cours aient été au top, mais en tout cas, ça plaisait autant aux étudiants qu'à moi.

La décision de t'orienter vers une carrière académique était-elle prise dès le départ ou s'est-elle plutôt dessinée au fil des rencontres et des expériences ?

J'ai toujours voulu enseigner, la recherche est venue plus tard. C'est Robert Faure, l'un des pionniers de la discipline et premier titulaire d'une chaire de RO en France, qui, grâce à Bernard Lemaire, m'a recrutée au CNAM comme "assistante 6/7" (six jours sur sept, cela ne s'invente pas). On était peu payé et on enseignait 360 heures par an tout en préparant une thèse, la plupart du temps sans véritable directeur (mon seul interlocuteur académique était un jeune assistant, devenu mon compagnon, Alain Billionnet). Mais on était titulaire, bien chanceux et bien loin des années de post-doc exigées par certains pour devenir Maître de Conférences de nos jours.

Quels sont les sujets qui t'ont immédiatement passionnée et pourquoi ?

Robert Faure était un professionnel, spécialiste de RO à la RATP, et il m'a proposé une thèse, en partenariat avec Renault et Georges Billard, sur les découpes. Bien que davantage fan de graphes que de voitures, la découverte de la RO dans le monde industriel et celle des méthodes relativement récentes de relaxation lagrangienne, génération de colonnes et branch-and-bound m'ont captivée.

Ton parcours professionnel

Comment s'est déroulée ta carrière jusqu'ici ? Quels ont été tes lieux de recherche, ceux où tu as pratiqué l'enseignement ?

Maîtresse auxiliaire en collège pendant mes études, vacataire à Annecy, puis plus de trente ans au CNAM, assistante puis chef de travaux, Maître de Conférences, Professeur... Une carrière assez linéaire mais dans un établissement où la recherche était souvent peu considérée et doit avant tout

être "appliquée". Heureusement, le laboratoire CEDRIC a été créé : un havre pour les chercheurs en informatique. Depuis huit ans, je suis à l'ENSTA où la RO est bien reconnue et où la recherche est fortement encouragée, dans un département de mathématiques, et toujours en lien avec le CEDRIC (chère équipe OC). Mes collègues au CNAM parlent bases de données ou réseaux, à l'ENSTA ils parlent optimisation et EDP : la RO est vraiment un pont entre info et maths.

La pratique de la RO dans le monde de la recherche académique a-t-elle évolué ?

Lancer un programme et attendre le lendemain pour récupérer les résultats sous forme de kilos de papier de listing, aller au CNRS ou à l'INRIA pour chercher les articles de bibliographie : une baguette magique a transformé les conditions matérielles. De plus, le travail en équipe¹ s'est beaucoup développé.

Mais parlons du fond. Aujourd'hui, beaucoup de chercheurs académiques en RO travaillent au moins en partie à des recherches appliquées. Il faut dire que la raréfaction des crédits institutionnels et des allocations de thèse oblige les chercheurs à se tourner vers les contrats et les thèses CIFRE, qui au contraire se sont énormément développés. Dans l'immédiat, c'est une grande chance pour la RO qui est par nature appliquée, mais il me semble dangereux, à moyen et long terme, de freiner, en France, les chercheurs théoriciens. Comme dans beaucoup de domaines, l'utilité de certains travaux et résultats ne sera évidente que plus tard.

Il m'est arrivé plusieurs fois d'avoir décidé de travailler sur de jolis problèmes d'école, avec des doctorants financés sur allocation, d'avoir publié quelques articles sur le sujet et d'avoir ensuite été contactée par des entreprises ayant des problèmes réels du même type. Je pense en particulier à une étude sur l'optimisation de la pose des câbles dans les centrales EDF suite à des résultats sur les multichemins et multiflots. En fait, j'ai toujours pensé que recherches "assez théoriques" et appliquées étaient fortement intriquées. Prenons un exemple : Alice (pourquoi pas elle ?) a trouvé des facettes pour un modèle mathématique du problème de localisation simple et elle en a déduit un algorithme performant quand on ne considère que des contraintes basiques. Elle va parler de ses recherches à Bob (évidemment) qui cherche à optimiser le placement d'équipements dans un réseau de télécommunications. Certes, Bob a tout un tas de contraintes pratiques à respecter mais s'il fait certaines relaxations, la prise en compte des facettes et autres idées d'Alice lui permettra sans doute d'accélérer la résolution de son problème. Réciproquement, le chercheur qui se plonge dans un problème industriel en fait souvent surgir de très jolis problèmes plus théoriques sous-jacents. Il ne s'agira pas simplement d'appliquer une méthode connue à un problème réel, il s'agira aussi de mener de véritables travaux de recherche.

Parle-nous de ces projets que tu as conduits, les satisfactions, les obstacles, les clés de la réussite, les leçons tirées peut-être ?

Mon premier projet a également été mon premier échec : après avoir mis au point un joli logiciel de découpe à deux dimensions adapté à une machine de découpe de panneaux de bois, à la demande d'un fabricant de meubles, j'ai compris que les vendeurs de la machine ne se sentaient pas

1. Impossible de citer tous ceux avec qui j'ai eu la chance de travailler mais ils sont tous sur ma page web <http://perso.ensta-paristech.fr/~mcosta/>

concernés ; et je n'avais aucun moyen de joindre les autres utilisateurs. Mon programme a eu un seul petit client... J'ai eu d'autres expériences où, malgré l'efficacité d'une résolution proposée par une équipe de chercheurs, elle n'a pas été utilisée directement par les industriels. Les raisons des échecs étaient multiples. Elles tenaient en partie aux utilisateurs : difficulté de remettre en cause des années de fonctionnement, scepticisme devant l'efficacité annoncée, difficulté de mise en œuvre ; et en partie aux chercheurs : une certaine maladresse due à la conviction du bien-fondé de la méthode proposée, incapacité à faire passer les idées, à s'adapter au langage industriel... Mais cela a beaucoup évolué, des deux côtés. Les grandes entreprises ont créé des services de recherches appliquées qui interagissent avec les deux mondes (le terrain et l'académique) et les jeunes entreprises emploient de jeunes ingénieurs ouverts à nos méthodes. À cela, on peut ajouter tout le savoir-faire des sociétés de service qui savent assurer les interfaces. Quant aux chercheurs, ils ont appris à changer de vocabulaire, proposer des solutions moins élégantes mais plus pragmatiques, tout en n'abandonnant pas les aspects théoriques. L'exemple le plus classique est la proposition d'une méta ou math-heuristique relativement simple pour résoudre un problème réel, garantie sur une batterie de tests par une borne complexe à obtenir.

En quoi cet équilibre est-il déterminant pour le succès d'un projet de recherche avec un partenaire industriel ? Raconte-nous une expérience réussie.

Chacun doit trouver son compte dans un travail commun. L'industriel doit voir avancer la résolution du problème posé et le chercheur doit progresser scientifiquement (et publier) et se passionner pour ce qu'il fait. Les collaborations idéales sont souvent entre chercheurs académiques et chercheurs industriels, ces derniers maîtrisant le problème réel ou faisant l'interface avec l'utilisateur final.

Notre plus jolie réussite est sans conteste la longue étude menée avec Orange (Matthieu Chardy, Stanislas Francfort pour Orange, Alain Faye et moi-même pour le CEDRIC (CNAM-ENSIIE-ENSTA), Mathieu Tramont puis Cédric Hervet doctorants CIFRE) sur le "Fiber to the home". J'ai vu que l'étude a été également citée par Adam Ouorou dans le dernier bulletin. Un premier prix Orange labs awards (dans la catégorie "Réseaux" !) et la sélection aux pros de la RO, l'étude a eu tout pour faire plaisir à tous : de très jolis problèmes de multiflots avec ou sans incertitudes, des résultats théoriques, une application réelle, une interface "nickel" développée par Orange et de belles publications ... le tout dans une ambiance vraiment sympathique (Merci Matthieu !). Actuellement, PGMO (le programme Gaspard Monge pour l'optimisation et la RO) financé en partie par EDF pousse également aux liens académiques/entreprises. Nous travaillons en particulier (avec Cédric Bentz, Pierre-Louis Poirion, Alain Hertz, et le doctorant Thomas Ridremont) sur le câblage robuste de parcs éoliens, qui a des liens forts avec de superbes problèmes de Steiner sous contraintes de capacités.

Parle-nous un peu de tes recherches purement théoriques.

En effet, j'aime tout autant les recherches sur les graphes que nous menons avec Dominique de Werra et Christophe Picouleau : transversaux, bloqueurs, extensibles... Certes les applications sont moins immédiates mais ça fait du bien

aussi de travailler sans but pratique. Bref, je m'éparpille... Sans doute que tous mes résultats s'en ressentent, mais je m'amuse beaucoup au travail !

Ta vision de l'enseignement de la RO

Comment l'enseignement de la RO a-t-il évolué ? Le mix entre théorie et application a-t-il changé ?

Je n'ai pas l'impression que l'enseignement des bases a tellement changé : Ford-Fulkerson, Dijkstra et le simplexe font toujours partie des bases indispensables à la compréhension des méthodes modernes abordées ensuite dans les cours plus pointus destinés aux futurs spécialistes de RO. Ces algorithmes, appréciés pour leur intérêt pédagogique par nos collègues informaticiens sont ludiques et attirants. Mais les cours plus avancés ont beaucoup évolué dans plusieurs directions.

Le développement de la discipline dans de nombreuses branches professionnelles permet d'illustrer les cours par des applications issues du monde réel, ou de partir d'applications pour en arriver aux méthodes.

L'accès à des logiciels très performants d'optimisation linéaire ou quadratique en nombres entiers, gratuits pour les écoles et universités, a eu d'importants effets dans l'enseignement. On ne peut plus imaginer des cours sans projets ou travaux pratiques.

Ces logiciels permettent aussi d'aborder facilement la discipline dans des filières variées (par exemple Energie, Transport, ...) : le but est ainsi de sensibiliser les futurs cadres à nos méthodes. Il s'agit alors de faire percer la RO dans les nombreuses entreprises et organismes où elle est méconnue. Le cours sera alors orienté d'un côté sur la modélisation et l'utilisation des logiciels et d'un autre côté sur les approches par méta-heuristiques. D'autre part, si les futurs "spécialistes" de RO ont absolument besoin de connaître les bases théoriques, ne serait-ce que pour manipuler les logiciels de façon plus performante (utilisation de l'algorithme approprié, ajout de coupes, de bornes,...), le fait de tester ces approches en projet est vraiment formateur.

L'enseignement de la RO est-il différent à l'Université et dans les écoles d'Ingénieur ? L'angle d'approche est-il le même ?

Je pense qu'il y a encore une différence, du moins avec certaines universités mais elle tend à disparaître, ne serait-ce que parce que les chercheurs ont développé les liens avec les entreprises et que les universités poussent vers la professionnalisation des cursus, actée depuis longtemps dans les écoles d'ingénieur. Notre master (le MPRO), axé sur les écoles d'ingénieur, a les deux étiquettes "Recherche" et "Pro". Quant à l'enseignement à l'étranger, j'ai constaté lors de mes nombreux séjours à l'EPFL (Lausanne) ou au GERAD (Montréal), en parlant avec les collègues, que leurs approches étaient tout à fait similaires aux nôtres.

Penses-tu que la RO est suffisamment intégrée à des cursus ne relevant pas directement de l'informatique ou des mathématiques ?

Je l'ai déjà évoqué plus haut en soulignant que les choses évoluent vite, je l'ai constaté au CNAM et à l'ENSTA : cours de RO pour le transport ou pour la gestion de l'énergie. Mais il y a encore pas mal de travail à faire. La finance ignore le monde du discret et dans les écoles de commerce-gestion

les cours sont souvent éparpillés : par exemple, ordonnancement dans un cours de planification, heuristiques dans un cours de logistique,... Cela fait perdre beaucoup de visibilité. Il nous reste donc à convaincre nos collègues d'introduire des cours de RO dans leurs filières : en fait, j'ai pu tester que 30 heures suffisent à sensibiliser et intéresser les étudiants.

Comment vois-tu l'enseignement et la recherche en RO évoluer dans les 10 prochaines années ?

Commençons par un mot sur l'enseignement et les MOOC : Marie-Claude Portman avait dans l'idée de mettre à disposition tout un tas d'outils pédagogiques sur internet. Elle a bien commencé mais reconnaît elle-même qu'il y a un blocage des enseignants, qui préfèrent personnaliser leurs cours, et que la maintenance des outils demande un investissement constant. Dommage... De jolis jeux ont été proposés, par exemple pour la fête de la sciences par nos collègues tourangeaux : c'est super pour sensibiliser les jeunes. Mais personnellement, je reste assez sceptique sur des enseignements totalement à distance. Même si les outils actuels sont sympathiques, j'ai du mal à croire à un réel investissement seul derrière son ordi. Donc, je laisse les nouvelles générations s'attaquer à cela.

Pour le fond, au moins pour quelque temps, nous n'échapperons pas aux... Big Data et Data Science ! Une chaire en RO et Sciences des données a été créée à Montréal, les élèves matheux veulent tous faire du "data science", on nous a demandé d'ouvrir un nouveau cours en RO et données massives et les établissements cherchent à recruter des "perles rares" dans le double domaine. Ceci est vrai pour la recherche et pour l'enseignement car la puissance accrue des ordinateurs et les performances des logiciels ouvrent des perspectives nouvelles. Je vois en particulier deux domaines en plein développement.

Le premier vient de la possibilité de prendre en compte l'aléa des données (robustesse, stochastique), ce qui était inenvisageable auparavant. Le nombre de publications sur le sujet ne cesse de croître. Cela nous conduit à un rapprochement avec les mathématiciens appliqués (optimiseurs et statisticiens) comme l'incite PGMO, mais il n'est pas si facile de dialoguer tant nos formations, notre vocabulaire et nos méthodes sont différents. Les optimiseurs n'ont pas notre approche algorithmique et connaissent mal nos outils : encore récemment, pour certains, travailler sur la programmation linéaire avait peu d'intérêt (le nombre de solutions étant fini, où est le problème ?). Les chercheurs opérationnels, eux, manipulent souvent mal les variables aléatoires et sont généralement peu à l'aise dans le stochastique et le continu. Pourtant, les problèmes réels relèvent souvent des deux domaines. Les étudiants formés sur les deux aspects ont un bel avenir !

Le deuxième est le traitement de très grandes bases de données, par exemple pour les grands réseaux comme le web. Il est clair que nos algorithmes usuels sont inapplicables et que chercher une solution optimale a peu de sens. Alors, faut-il se cantonner à des heuristiques ? Peut-être pas, même s'il faut les perfectionner et leur donner une place importante dans nos enseignements. Des recherches s'intéressent par exemple à des projections du domaine gigantesque initial vers un domaine de taille "praticable" dans lequel une bonne solution figure avec une probabilité garantie. Les méthodes de décomposition, au cœur des nouveaux algorithmes, et le traitement des grands graphes (clustering, recherche) sont

aussi des domaines prometteurs.

Mais attention !! À mon avis, la RO classique conserve un bel avenir et ne doit pas se noyer sous la nouveauté. La maintenance des trains, l'affectation d'équipages aux avions, la conception de parcs éoliens, l'organisation des hôpitaux, celle des tournées de véhicules, la gestion d'espaces pour la biodiversité,... que de problèmes aux enjeux importants pour lesquels on aimerait, sinon une solution optimale, du moins une très bonne solution garantie. Les données y sont grandes mais pas massives, et les nouveaux développements de la programmation mathématique (optimisation entière non linéaire, polynomiale,...) auront encore toute leur utilité.

Que penses-tu de la RO en Ile de France ?

Nous avons la chance d'être dans un vivier incroyable d'entreprises, d'universités et d'écoles pratiquant et développant la RO. Le MPRO est collégial (responsabilités et cours partagés entre 6 établissements Paris-Marne-la-Vallée-Saclay) mais mon grand regret est de n'avoir pas réussi à y intégrer les universités Pierre et Marie Curie et Dauphine, malgré le désir et l'investissement initial de nombreux collègues. L'idée était d'associer peu à peu dans un même master les universités et écoles de la région susceptibles d'y envoyer des étudiants, mais cela impliquait de ne pas développer la RO dans les masters locaux... difficile à admettre parfois.

Pour la recherche, les "Journées Franciliennes de RO" ont un rôle très fédérateur en IDF : c'est un vrai plaisir de voir travailler ensemble tous ces jeunes venus de tous les établissements. La "lutte" universités vs écoles d'ingénieur qui se mène dans les hautes sphères a des effets regrettables. Celle qui est provoquée par les pouvoirs publics entre Paris et Saclay, voire même entre établissements parisiens, est totalement stérile face à la mondialisation et aux enjeux. Nous, les chercheurs, sommes le plus souvent amis, grâce à la ROADEF, au GDR RO, et aux liens créés lors de nos formations. La concurrence qu'on nous impose nous affaiblit au lieu de nous conforter : la joute avec les équipes étrangères serait bien assez stimulante, inutile d'en ajouter entre nous. Je vais régulièrement à Montréal, et mon rêve serait un grand laboratoire d'Ile de France regroupant tous les chercheurs de la discipline, comparable au GERAD (<https://www.gerad.ca/fr>). Quelle force cela donnerait à la RO en IDF ! Rêvons un peu !!

Lower bounds in resource constrained shortest path problem algorithms

par Axel Parmentier (CERMICS)

Consider the following toy problem on truck delivery. A truck driver initially in Paris must deliver a good in Toulouse. Along his itinerary, the driver consumes some resources: kilometers and time. Due to fuel consumption and to driver wage, each unit of these resources has a given cost. As the good must be delivered on time, the available quantity of the resource “time” is limited. Hence, when the driver’s employer defines his itinerary, he seeks the path of minimum cost between Paris and Toulouse among those that enable to deliver the good on time.

This toy problem is an example of resource constrained shortest path (RCSP) problem. In these problems, a path between an origin vertex o and a destination vertex d on a digraph is sought. Some resources are consumed along the arcs of a path. There is a cost associated with the consumption of these resources, and the available quantity of some resources is limited. The objective of a RCSP problem is to find an o - d path of minimum cost among those that do not consume more than the available quantity of each resource.

The importance of RCSP problems in Operations Research comes from column generation, which has become one of the most successful approaches to large integer programs in the last decades [2, 4]. To illustrate how this technique works, suppose now that you must plan the operations of the company that owns the truck. The objective is to build the itineraries of the different trucks of the company at minimum cost and in such a way that each customer of the company receives his good on time. To produce the desired itineraries, a column generation scheme solves repeatedly two problems: a *pricing subproblem*, which builds itineraries that can be realized by a truck, and a *master problem*, which chooses among these itineraries those that will be actually realized in such a way that every customer receives his good. The pricing subproblem can be modeled as a RCSP problem that is similar to the one we already introduced. More generally, column generation schemes always rely on the resolution of many instances of a master problem and of a pricing subproblem. And pricing subproblems can often be modeled as RCSP problems. For instance, this is the case of most vehicle routing and crew scheduling problems. As a column generation scheme requires to solve many instances of the pricing subproblem, the ability to solve it efficiently is one of the key elements in the performance of these approaches. The structure of the master problem does not change much from one application to the other: it is generally a set partitioning or a set covering problem. On the contrary, the structure of the pricing subproblem varies a lot, as it must encode the specificities of the problem considered. Standardizing the use of column generation for industrial applications therefore requires a versatile RCSP framework that enables the design of practically efficient algorithms.

RCSP problems are traditionally solved by *enumeration algorithms* [3], also called label algorithms, which rely on dominance relations between paths resources to discard partial solutions. It is well known that using lower bounds in an A^* way to discard partial solutions speeds-up these enumeration algorithms [6]. However, there is no standard procedure to build these lower bounds in the usual resource extension functions framework for RCSP problems [11, 12].

The purpose of this paper is to introduce an algebraic framework for RCSP problems, the Monoid Resource Constrained Shortest Path Problem (MRCSP). From an algorithmic point of view, this framework enables to standardize the computation of lower-bounds and their use in enumeration algorithms, and thus provides practically efficient solution schemes. From a modeling point of view, this framework is versatile enough to deal with a wide range of routing and scheduling problems. It notably enables to model stochasticity in the constraint and in the objective. For instance, if we come back to our truck itinerary example, we can model uncertainty on travel times due to congestion, and enforce the constraint that using the itinerary chosen, the driver will be on time with probability at least 95%.

After introducing the MRCSP and the algebraic notions of lattice ordered monoid on which it is based, we illustrate on our toy model how to model deterministic and stochastic path problems within this framework. The algorithms to compute bounds and the enumeration algorithms are then introduced. We end-up the paper with examples of numerical experiments and advices on how to design efficient algorithms for difficult RCSP instances with a large number of constraints. We do not consider here the question of elementary paths on instances with negative cost cycles, which is important in the context of vehicle routing [8] and refer the interested reader to e.g. [7].

1 Algebraic tools and problem statement

Let (\mathcal{R}, \leq) and (\mathcal{Q}, \leq) be two partially ordered sets. A map $\rho : \mathcal{R} \rightarrow \mathcal{Q}$ is non-decreasing if $x \leq y$ implies $\rho(x) \leq \rho(y)$. Let (\mathcal{R}, \oplus) be a set endowed with a binary operator. (\mathcal{R}, \oplus) is a *monoid* if \oplus is associative and admits a neutral element in \mathcal{R} . A partial order \leq is a *compatible order* on (\mathcal{R}, \oplus) if all translations $y \mapsto x \oplus y$ and $y \mapsto y \oplus x$ are non-decreasing. An *ordered monoid* $(\mathcal{R}, \oplus, \leq)$ is a monoid endowed with a compatible order. A partially ordered set (\mathcal{R}, \leq) is a *lattice* if each pair (q, \tilde{q}) of elements of \mathcal{R} admits a greatest lower bound or *meet* and a least upper bound or *join*. The meet of two elements q and \tilde{q} is denoted $q \wedge \tilde{q}$. When it exists, the greatest lower bound of a set of elements $S \subseteq \mathcal{R}$ is also called the meet of S and denoted $\bigwedge_{q \in S} q$. A finite set in a lattice always admits a meet. An ordered monoid $(\mathcal{R}, \oplus, \leq)$ is a *lattice ordered monoid* if \leq induces a lattice structure on \mathcal{R} . The product of two lattices ordered monoid endowed with the product sum and order is a lattice ordered monoid.

Given a lattice ordered monoid $(\mathcal{R}, \oplus, \leq)$, we can now state the MONOID RESOURCE CONSTRAINED SHORTEST PATH PROBLEM (MRCSP).

Input. A digraph $D = (V, A)$, two vertices $o, d \in V$, a collection $(q_a) \in \mathcal{R}^A$, and two non-decreasing mappings $c : \mathcal{R} \rightarrow \mathbb{R}$ and $\rho : \mathcal{R} \rightarrow \{0, 1\}$.

Output. An o - d path P such that $\rho(\bigoplus_{a \in P} q_a) = 0$ and with minimum $c(\bigoplus_{a \in P} q_a)$.

The *resource* of a path P is $\bigoplus_{a \in P} q_a$, and its *cost* is $c(\bigoplus_{a \in P} q_a)$. The quantity $\rho(\bigoplus_{a \in P} q_a)$ is equal to 0 if path P is feasible, and 1 if it is not.

Consider for instance our truck delivery problem. The digraph D models the road network, with the arcs a corresponding to the roads and the vertices v to the cross-roads.

Origin o corresponds to the initial position of the truck, and destination d to the place where the good must be delivered. The resource q_a of an arc is the pair $(d_a, t_a) \in \mathbb{R}^2$ where d_a is the length of the road a in kilometers, and t_a the time needed to drive along it. The sum is the usual addition $+$ on \mathbb{R}^2 . The resource of a path P is therefore $q_P = \bigoplus_{a \in P} q_a = (d_P, t_P)$, where $d_P = \sum_{a \in P} d_a$ is its length in kilometers, and $t_P = \sum_{a \in P} t_a$ is the time needed to travel along it. We endow \mathbb{R}^2 with the component by component order \leq on \mathbb{R}^2 . The set $(\mathbb{R}^2, +, \leq)$ is a lattice ordered monoid, and the meet of two resources is

$$(d, t) \wedge (\tilde{d}, \tilde{t}) = (\min(d, \tilde{d}), \min(t, \tilde{t})).$$

Suppose that the cost of driving one kilometer is $\alpha > 0$, the unit cost of time is $\alpha' > 0$, and that the good must be delivered before τ . We achieve the modeling of our truck delivery problem as a MRCSP problem by defining

$$c((d, t)) = \alpha d + \alpha' t \quad \text{and} \quad \rho((d, t)) = \mathbf{1}_{(\tau, +\infty)}(t),$$

where $\mathbf{1}_{(\tau, +\infty)}(t)$ is the indicator function of t being greater than τ . More complicated problems can be taken into account: for instance, we can use a non-decreasing function f to model higher rates for driving overtime, and c becomes $c((d, t)) = \alpha d + f(t)$.

2 Stochastic path problems

Suppose now that the congestion of the road network highly impacts the punctuality of our truck delivery. We therefore seek an itinerary that is still good in that uncertain environment. The travel time t_a of our truck along arc a becomes a random variable ξ_a , and the resource of a path P is now $q_P = (d_P, \xi_P)$ where ξ_P is the random travel time $\sum_{a \in P} \xi_a$. We also have to add an expectation in the cost

$$c((d_P, \xi_P)) = \alpha d_P + \mathbb{E}[f(\xi_P)].$$

We also want to guarantee that the probability of being late $\mathbb{P}[\xi_P > \tau]$ is non-greater than a threshold m , and enforce this constraint using the function

$$\rho((d_P, \xi_P)) = \mathbf{1}_{(m, 1]}(\mathbb{P}[\xi_P > \tau]),$$

where $\mathbf{1}_{(m, 1]}(\mathbb{P}[\xi_P > \tau])$ is the indicator function equal to 1 if $\mathbb{P}[\xi_P > \tau]$ is greater than m .

To model this stochastic truck delivery problem as a MRCSP problem, it remains to define the lattice ordered monoid. To make things simpler, we suppose that random variables ξ_a are independent and admit a discrete and finite support. Let \mathbb{M} denote the set of distributions of random variables with discrete and finite support. The distribution of the sum of two independent variables is computed with the convolution product $*$. The *usual stochastic order* \leq_{st} on a set of random variables is defined by

$$\xi \leq_{\text{st}} \tilde{\xi} \quad \text{if} \quad \mathbb{P}(\xi \leq t) \geq \mathbb{P}(\tilde{\xi} \leq t) \quad \text{for all } t.$$

This order is compatible with the convolution product $*$. Besides, each pair $(\xi, \tilde{\xi})$ of random variables admits the random variable whose cumulative distribution is the maximum of those of ξ and $\tilde{\xi}$ as meet for \leq_{st} . The set $(\mathbb{M}, *, \leq_{\text{st}})$ is therefore a lattice ordered monoid. The resources (d, ξ) of our stochastic truck delivery problem belong to $(\mathbb{R}, + \leq$

$) \times (\mathbb{M}, *, \leq_{\text{st}})$, which is a lattice ordered monoid as it is the product of two lattice ordered monoids. As c and ρ are non-decreasing with respect to \leq_{st} , we have modeled our stochastic truck delivery problem as a MRCSP problem.

Using the same kind of ideas, the MRCSP provides a versatile framework to model paths problems with stochasticity in the objective or in the constraints. Paths problems with stochastic constraints have not been frequently studied [13]. On the contrary, many path problems with stochasticity in the objective have been considered since the seminal work of Frank [10]. These paths problems are non-constrained and seek an o - d path P minimizing a specific probability functional $\gamma(\sum_{a \in P} \xi_a)$. As many probability functionals are non-decreasing with respect to the usual stochastic order \leq_{st} , a large part of these problems [1, 15, 17] can be modeled as MRCSP instances using $(\mathbb{M}, *, \leq_{\text{st}})$. This is notably the case when γ is the expectation of a non-decreasing function, the probability of being on time, or a risk measure. Besides, other sets of distributions such as normal distributions can be modeled using lattice ordered monoids, and the assumption of independence of the ξ_a can be relaxed [16].

3 Enumeration algorithms

We now describe a *generic enumeration algorithm* for the MRCSP. A list L of partial paths P , and an upper bound c_{od}^{UB} on the cost of an optimal solution are maintained. Initially, L contains the empty path at the origin o , and $c_{od}^{UB} = +\infty$. While L is not empty, the following operations are repeated.

1. Extract a path P of minimum "key" from L . Let v be the destination of P .
2. If $v = d$ and P is feasible and better than the current solution, i.e., $\rho(q_P) = 0$, and $c(q_P) < c_{od}^{UB}$, then update c_{od}^{UB} to $c(q_P)$.
3. Else if "test" returns "yes", extend P : for each arc a outgoing from v , add $P + a$ to L .

The MRCSP algorithms are obtained by specifying the key and the test respectively in the first and the last steps. Our first key and test rely on lower bounds. For each vertex v , we suppose to have a lower bound b_v on the resource $q_{\tilde{P}}$ of any v - d path \tilde{P} . Given an o - v path P , the *lower bound test* can be expressed as follows.

(Low) *Do we have $\rho(q_P \oplus b_v) = 0$ and $c(q_P \oplus b_v) \leq c_{od}^{UB}$?*

A path P that does not satisfy the lower bound test is not the subpath of an optimal o - d path. The *generalized A** algorithm is obtained from the generic enumeration algorithm by using the lower bound $c(q_P \oplus b_v)$ as key in Step 1, and extending a path P in Step 3 only if it satisfies the lower bound test (Low).

The usual enumeration algorithm for RCSP relies on the notion of dominance. An o - v path P *dominates* an o - v path \tilde{P} if $q_P \leq q_{\tilde{P}}$. To be able to test dominance, the algorithm maintains a list M_v of non-dominated o - v paths for each vertex v , and the *dominance test* can be expressed as follows.

(Dom) *Is there no path in M_v that dominates P ?*

If the answer is yes, then before extending P , we remove all the paths dominated by P from M_v and add P to M_v . This test relies on the fact that there exists an optimal solution of the MRCSP, every subpath of which is non-dominated. The *label dominance* algorithm is obtained from the generic

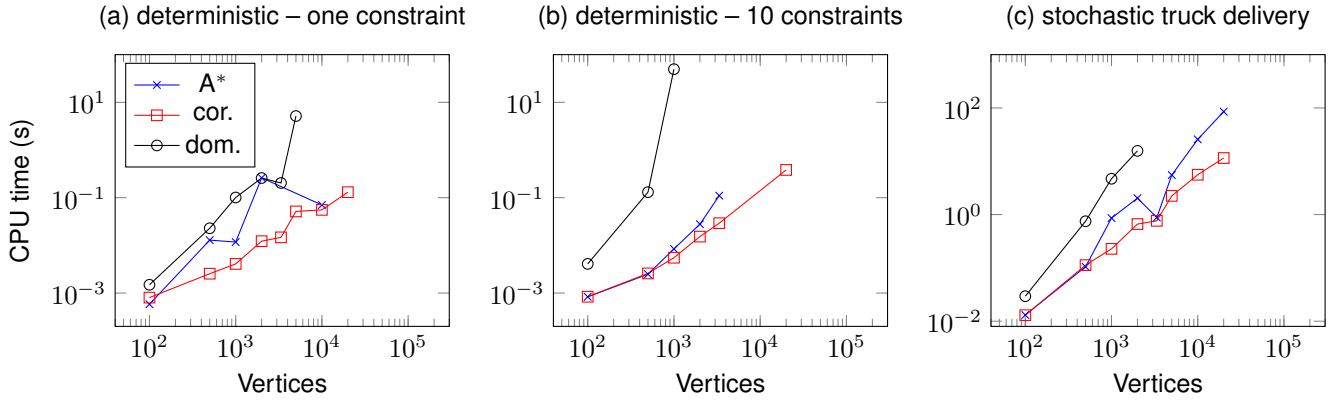


Figure 1 – Examples of numerical results for several problems on road network instances of increasing size

enumeration algorithm by using the partial path cost $\rho(c_P)$ as key in Step 1, and extending an o - v path P in Step 3 only if it satisfies the dominance test (Dom). It corresponds to the enumeration algorithm used in the resource extension function framework [12], the only difference being that in [12], dominance is not necessarily tested at each step. The *label correcting* algorithm is obtained from the generic enumeration algorithm by using the lower bounds $c(q_P \oplus b_v)$ as key in Step 1, and extending an o - v path P in Step 3 only if it satisfies both the lower bound test (Low) and the dominance test (Dom). Table 1 sums up for each algorithm the key and the test used, the structures computed in a preprocessing and those maintained along the algorithm. The choice of an algorithm is a tradeoff between the ability of the tests to reduce the number of paths considered, and the time needed to compute or maintain the structures they need.

Algorithm	Test	Key	Prepro. struct.	Maint. struct.
Gen. A*	(Low)	$c(q_P \oplus b_v)$	b_v	L, c_{od}^{UB}
Lab. dom.	(Dom)	$c(q_P)$	—	L, M_v, c_{od}^{UB}
Lab. cor.	(Dom) (Low)	$c(q_P \oplus b_v)$	b_v	L, M_v, c_{od}^{UB}

Table 1 – MRCSP algorithms.

Under weak assumptions on the monoid and the resources, these three algorithms converge after a finite number of iterations, and at the end of the algorithm, c_{od}^{UB} is the cost of an optimal path [16].

4 Computing lower bounds

We now introduce a standard procedure to build in polynomial time the bounds b_v used by the lower bound test. Let $(b_v^n)_n$ be the sequence of tuples of resources defined recursively as follows.

$$\begin{cases} b_d^0 = 0, & \text{and } b_v^0 = \infty \text{ for } v \neq d \\ b_v^{n+1} = b_v^n \wedge \bigwedge_{(v,u) \in \delta^+(v)} (q_{(v,u)} \oplus b_u^n). \end{cases} \quad (1)$$

When $\mathcal{R} = \mathbb{R}$, the meet operation \wedge is the usual minimum, and we recognize the sequence of the Ford-Bellman algorithm. We can prove that b_v^k is a lower bound on the resources of all the v - d paths with at most k arcs. If ℓ^* denotes the maximum number of arcs in an elementary path, $b_v^{\ell^*}$ is a lower bound on the resource of any elementary v - d path.

The algorithm of Equation (1) therefore provides a polynomial procedure to compute lower bounds on paths resources that can then be used in the enumeration algorithms.

When cycle resources are positive, we also propose a generalization of the usual Dijkstra algorithm that compute the greatest solution of the following equation, which is a generalization of the dynamic programming equation, where \min has been replaced by \wedge .

$$\begin{cases} b_d = 0, \\ b_v = b_v \wedge \bigwedge_{(v,u) \in \delta^+(v)} (q_{(v,u)} \oplus b_u) \text{ for } v \in V \setminus \{d\}. \end{cases} \quad (2)$$

The greatest solution of this equation, which always exists, is a lower bound on $b_v^{\ell^*}$. But in practice, it is always equal to $b_v^{\ell^*}$. The generalized Dijkstra is practically faster than the one of Equation (1), and should therefore be used when cycle resources are positive. Both algorithms are generalizations to lattice ordered monoids of algorithms considered in the *algebraic path problem* community. See e.g. [9] and [14] for a survey and a description of the state of the art algorithms on that topic.

5 Practical efficiency

Figure 1 provides examples of numerical results obtained using the MRCSP algorithms on three different problems. We use road networks of increasing size as digraphs of the tests. Figures 1.(a) and 1.(b) correspond to the usual deterministic resource constrained shortest path problem with respectively $k = 1$ and $k = 10$ constraints.

$$\begin{aligned} \min_{P \in \mathcal{P}_{od}} & \sum_{a \in P} w_a^0, \\ \text{s.t.} & \sum_{a \in P} w_a^i \leq W^i \quad \text{for } i = 1, \dots, k, \end{aligned}$$

where \mathcal{P}_{od} is the set of elementary o - d paths, $w_a^i \in \mathbb{R}$ are weights, and $W^i \in \mathbb{R}$ are thresholds. Figure 1.(c) corresponds to the stochastic truck delivery problem of Section 2 with $\alpha = 1$ and $f = 0$.

To obtain similar digraphs of different sizes, we extract digraph of the desired size from road network instances of the *Dimacs* challenge [5]. Details on how we generated arc resources are available in [16]. The size of the instance, i.e., the number of vertices, is provided on the x -axis. The CPU-time of the enumeration algorithms on these instances is provided

on the y -axis. For the generalized A* and the label correcting algorithm, this time includes the computation of bounds b_v in a preprocessing using the procedure of Section 4. The limiting factor of the enumeration algorithms is the memory used by list L . Therefore, we stop an algorithm and consider that it is unable to solve the current instance if the size of L reaches $1e+05$ elements. Figure 1 provides the CPU time for the instances that can be solved by the algorithm. The lower and the longer the line is, the better is the performance of the algorithm.

The performances of the generalized A* and the label correcting algorithms are always better than the performance of the label dominance algorithm: the use of bounds always enables to increase both the speed of the algorithm and the size of the instances that can be solved. There are three main reasons for that. First, the algorithm computing bounds is fast and weakly impacts the total computation time. Second, the use of bounds dramatically reduces the number of paths enumerated. And third, when there is a large number of non-dominated paths, the dominance test takes time. Nonetheless, the performance of the label correcting algorithm shows that the dominance test can be worth using in addition to the lower bound test, especially in the deterministic setting and when the number of constraints is not too large. Finally, we note that the performance of the algorithms decreases when the dimension, i.e., the number of constraints, increases. We now briefly explain why the performance decreases with the dimension, and indicate techniques to use on difficult problems. For reasons that we do not explain here, the same kind of observations and techniques are valid on stochastic problems [16].

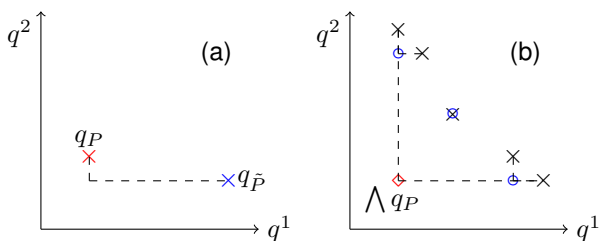


Figure 2 – Dominance and lower bounds.

The performance of the lower bound and of the dominance test rely on their ability to discard partial paths. On Figure 2, the crosses represent some v - d paths resources. Figure 2.(a) illustrates why the performance of the dominance test decreases with the dimension. Indeed, it suffices of one coordinate such that $q_P^i \not\leq q_{\tilde{P}}^i$ for P not to dominate \tilde{P} . When the number of coordinates increases, it becomes rare that a path dominates another, and the dominance test does not enable to cut well paths. Figure 2.(b) illustrates the fact that the lower bound b_v on the resource of all the v - d paths P must be non-greater than the meet $\bigwedge q_P$ of the resources of the v - d paths, illustrated by the red diamond on the figure. When the dimension increases, the gap between $\bigwedge q_P$ and the resources q_P tends to increase, and the quality of the bounds b_v decreases. However, a bound b_v can still be computed, which explains the reasonably good performance of the algorithms using the lower bound test (Low) when the dimension increases. Besides, the performance of the lower bound test can be improved by using a set of bounds B_v instead of a single bound b_v , as we now explain.

Suppose that for each vertex v , we have a set B_v of resources in \mathcal{R} such that, for each v - d path P , there exists a

resource $b \in B_v$ satisfying $b \leq q_P$. We can then replace the lower bound test by the following test.

(Clu) *Is there a b in B_v such that $\rho(q_P \oplus b) = 0$ and $c(q_P \oplus b) \leq c_{od}^{UB}$?*

The idea behind this new test is illustrated on Figure 2.(b), where the lower bounds $b \in B_v$ are represented by blue cycles. If we partition the v - d paths into clusters of paths with “similar” resources, these lower bounds $b \in B_v$ are much tighter than $\bigwedge q_P$, and thus enable to discard more paths. We provide in [16] a standard way to construct the clusters of paths leading to tight bound b_v . The use of sets of bounds B_v instead of a single bound enabled to speed-up by a factor 3 a column generation approach to industrial instances of the airline Crew Pairing problem [16].

References

- [1] Bi Yu Chen, William HK Lam, Agachai Sumalee, Qingquan Li, Hu Shao, and Zhixiang Fang. Finding reliable shortest paths in road networks under uncertainty. *Networks and spatial economics*, 13(2):123–148, 2013.
- [2] Guy Desaulniers, Jacques Desrosiers, and Marius M Solomon. *Column generation*, volume 5. Springer Science & Business Media, 2006.
- [3] Martin Desrochers and François Soumis. A generalized permanent labeling algorithm for the shortest path problem with time windows. *INFOR Information Systems and Operational Research*, 1988.
- [4] Jacques Desrosiers and Marco Lübbecke. A primer in column generation. In *Column generation*, pages 1–32. Springer, 2005.
- [5] DIMACS. Dimacs implementation challenge, shortest paths. <http://www.dis.uniroma1.it/challenge9/>, 2006. Accessed: 2016-12-07.
- [6] Irina Dumitrescu and Natasha Boland. Improved preprocessing, labeling and scaling algorithms for the weight-constrained shortest path problem. *Networks*, 42(3):135–153, 2003.
- [7] Dominique Feillet. A tutorial on column generation and branch-and-price for vehicle routing problems. *4or*, 8(4):407–424, 2010.
- [8] Dominique Feillet, Pierre Dejax, Michel Gendreau, and Cyrille Gueguen. An exact algorithm for the elementary shortest path problem with resource constraints: Application to some vehicle routing problems. *Networks*, 44(3):216–229, 2004.
- [9] Eugene Fink. A survey of sequential and systolic algorithms for the algebraic path problem. Technical Report CS-92-37, Department of Computer Science, University of Waterloo, 1992.
- [10] Harary Frank. Shortest paths in probabilistic graphs. *Operations Research*, 17(4):583–599, 1969.
- [11] Stefan Irnich. Resource extension functions: Properties, inversion, and generalization to segments. *OR Spectrum*, 30(1):113–148, 2008.

- [12] Stefan Irnich and Guy Desaulniers. *Shortest path problems with resource constraints*. Springer, 2005.
- [13] Stefanie Kosuch and Abdel Lisser. Stochastic shortest path problem with delay excess penalty. *Electronic Notes in Discrete Mathematics*, 36:511–518, 2010.
- [14] Mehryar Mohri. Semiring frameworks and algorithms for shortest-distance problems. *Journal of Automata, Languages and Combinatorics*, 7(3):321–350, 2002.
- [15] Ishwar Murthy and Sumit Sarkar. Stochastic shortest path problems with piecewise-linear concave utility functions. *Management Science*, 44(11-part-2):S125–S136, 1998.
- [16] Axel Parmentier. *Algorithms for shortest path and airline problems*. PhD thesis, École des Ponts Paristech, Université Paris Est, 2016.
- [17] Samitha Samaranayake, Sebastien Blandin, and A Bayen. A tractable class of algorithms for reliable routing in stochastic networks. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 20(1):199–217, 2012.
-

Défis pour la RO pour la planification de soins à domicile

par T. Garaix et Y. Kergosien (GDR RO / GT ROSa)

1 L'organisation des soins à domicile

Les soins à domicile (SAD) couvrent une large gamme de services et de soins apportés aux domiciles des patients de façon ponctuelle ou régulière. En France, l'hospitalisation à domicile est légalement restreinte à des activités hospitalières dispensées au domicile. La durée des prises en charge est variable avec de courts séjours en soins de rééducation ou palliatifs, et de longs séjours avec des maladies chroniques. Les contraintes médicales doivent être scrupuleusement respectées. Les préférences des patients sont à améliorer d'autant plus lorsqu'elles permettent de mieux supporter la maladie avec des effets bénéfiques pour la santé. Cependant dans des cas comme l'hospitalisation à domicile, les patients sont soumis aux mêmes règles qu'à l'hôpital et doivent par conséquent être toujours disponibles pour les soins. Les projections démographiques actuelles (source Eurostat 2014) estiment la population européenne âgée de plus de 65 ans à 50% en 2050. Ces tendances et la volonté de réduction de coûts de santé publique en maintenant plus de personnes à leur domicile, laissent supposer une augmentation et une diversification importante de l'activité des SAD dans les décennies à venir. Ce phénomène se retrouve dans de nombreux pays autres que la France. L'utilisation d'outils d'aide à la décision pour la planification des soins devient alors nécessaire. Combiner des services relativement complexes avec l'emploi du temps de ressources médicales mobiles pose des problèmes d'optimisation nouveaux. Parmi les caractéristiques rendant ces problèmes originaux, on distingue la continuité de soins (horaires et soignants réguliers) et des contraintes de synchronisation entre plusieurs soignants chez un même patient (pour sa toilette, un pansement, des prélèvements). Dans les sections suivantes nous présentons un aperçu de ces problématiques de planification à travers une analyse synthétique de la littérature scientifique.

2 Les principales décisions à optimiser en organisation des SAD

L'offre des structures de SAD doit répondre à des besoins territoriaux qui sont variables dans le temps en volume et en nature. Les décisions de niveau stratégique/tactique portent sur le découpage du territoire, la localisation et le dimensionnement des établissements [12]. Des auteurs ont aussi étudié le choix des modèles économiques liés à l'externalisation et l'internalisation de certaines fonctions et des modes de rémunération avec des actes pouvant être pris en charge par la sécurité sociale [11].

Lorsque la continuité des soins est un critère important, l'affectation des patients au personnel est une décision critique. La charge de travail doit être estimée sur la durée des séjours et intégrer les entrées et sorties de la patientèle de chaque infirmier ainsi que les temps de transport pour les tournées de visites [3].

La plupart des travaux en Recherche Opérationnelle portent sur l'affectation des services aux soignants et la planification des tournées de visites. Les problèmes de décision

sous-jacents se rapprochent des problèmes de tournées de véhicules riches *Rich-VRP* [6]. Dans le but d'exploiter la flexibilité sur les jours de réalisation de certains services, des travaux considèrent des plans sur plusieurs jours et ainsi des problèmes d'optimisation proches du *Periodic-VRP* [5].

Un cas d'étude spécifique lié à un type d'établissement et à une réglementation particulière est à l'origine de la majorité des travaux. Cela explique qu'il existe très peu d'études abordant un problème générique ou même de jeu de données afin de comparer les méthodes de résolution proposées. Cependant, un ensemble de caractéristiques prises en compte dans ces études reviennent de manière récurrente et impactent la définition des contraintes du problème ou des critères de la fonction objectif à optimiser. Ces caractéristiques peuvent être regroupées en sept familles.

Les contraintes horaires des services. Elles sont liées à des indisponibilités des patients ou à des préférences pour les soins (ex : la toilette du matin) [1]. Ainsi les classiques fenêtres de temps encadrent les heures de début des services. Pour les problèmes portant sur un horizon de planification de plusieurs jours voire plusieurs semaines, des disponibilités journalières sont aussi intégrées.

La coordination des soins. Certains soins peuvent nécessiter la visite d'un ou plusieurs soignants pour un même patient et dans une même journée [10]. Plusieurs types de contraintes peuvent alors intervenir : des contraintes de synchronisation de visites de deux soignants ou plus (ex. pour des patients difficiles à manipuler à cause d'une surcharge pondérale importante), des contraintes de précédence entre différents services avec éventuellement des délais maximaux et minimaux (ex : injection de médicament à intervalle régulier), ou des contraintes de disjonction pour des services ne pouvant pas s'effectuer simultanément.

La compatibilité soignant/patient. Entre personnel et patient, des exigences ou des préférences de compatibilités sont à satisfaire [4]. Ces compatibilités visent surtout à garantir un niveau de qualification requis pour effectuer un service ou le respect de la continuité des soins. La notion de continuité de soins est similaire à celle de "Person oriented consistency" dans la littérature des problèmes périodiques de tournées de véhicule [8].

Les conditions de travail. En plus des indisponibilités et des horaires de travail à respecter, les intervenants ont d'autres activités à intégrer dans leur emploi du temps, comme les pauses déjeuner ou encore des temps de présence dans la structure (pour des réunions, des tâches administratives ou la coordination d'autres intervenants) [14]. L'équité entre employés est aussi mesurée à un niveau journalier par l'équilibrage du volume et de la pénibilité des charges de travail.

La nature des services. Bien que la plupart des services soient des simples soins à apporter aux patients, d'autres nécessitent la livraison de matériel médical ou la collecte d'échantillons biologiques (en incluant les points de récupération et de livraison de ces matériels et les points de dépôt des échantillons) [9]. Une contrainte de délai maximum pour amener les échantillons au laboratoire est aussi imposée.

Les modes de transport. Plus particulièrement en milieu urbain, les employés peuvent combiner plusieurs modes de transport : la marche à pied, le vélo, les transports en commun et la voiture [7].

La performance économique et la qualité de service

Un bon compromis entre les coûts et la qualité de service est souvent recherché [2]. Les coûts se traduisent à court terme par les frais de couverture de la demande (frais kilométriques, entretien du matériel, etc.), les paiements d'heures supplémentaires et l'appel à des ressources externes (sous-traitance). La qualité de service est jugée sur de nombreux critères liés à la pénalisation de la violation de certaines contraintes (fenêtre de temps, compatibilité, continuité de soins, etc.) ou sur le nombre de requêtes insatisfaites dans une perspective à plus long terme.

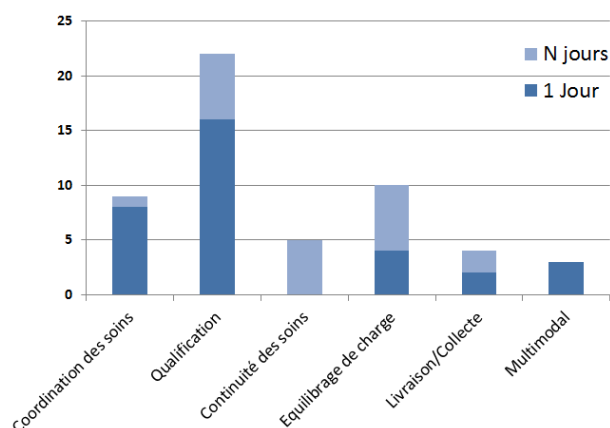


FIGURE 1 – Histogramme - Caractéristiques

La Figure 1 présente le nombre d'études prenant en compte quelques caractéristiques citées précédemment en se basant sur des articles publiés dans des revues internationales les plus reconnues entre 1997 et mi-2016. Au total, 21 articles traitent d'un problème sur un horizon de planification d'un jour (1 Jour) et 16 articles sur un horizon de planification de plusieurs jours (N Jours).

3 Exemples de problèmes d'optimisation originaux

La difficulté majeure des problèmes tirés de ce contexte vient de la combinaison croisée de deux types de planifications des services : le séquençage des services pour chaque patient et le séquençage des services à effectuer par chaque soignant. On trouve donc des problèmes d'ordonnement (un pour chaque patient) intégrés à un problème de tournées de personnels.

À cela s'ajoutent également (i) un contexte soumis à de fortes incertitudes sur la durée des services ou l'arrivée de nouveaux services (urgences) souvent liées à l'évolution de l'état des patients ; (ii) des contraintes non usuelles spécifiques au contexte de la santé avec des protocoles précis à satisfaire et un service à assurer malgré un coût parfois important ; (iii) un personnel aux qualifications variées qui est particulièrement exposé au mal-être au travail.

La plupart des cas d'études montrent qu'il n'est pas possible d'appliquer directement les méthodes de résolution développées pour des problèmes plus classiques de tournées

de véhicules. Les variantes de ce problème nécessitent donc des adaptations pertinentes des méthodes existantes ou le développement de nouvelles méthodes.

Les plus représentatives et étudiées de ces variantes sont liées à la synchronisation entre les services d'un même patient. Lorsque ces services sont effectués par des soignants différents, l'évaluation des tournées de ces soignants ne peut plus se faire de manière indépendante. Ceci représente un obstacle à la performance de méthodes de décomposition de type partitionnement de tournées (puis traitement par génération de colonnes), de découpage optimal de tours géants et de calcul rapide d'opérateurs de voisinages classiques. Ces trois types de procédures sont à la base des algorithmes les plus performants pour la majorité des problèmes de tournées de véhicules traitées dans la littérature [13]. Dans la Figure 2 les tournées des soignants R1, R2, R3 et R4 sont à synchroniser aux patients A, B et C. Même en fixant les séquences de visites pour chaque soignant, la présence de contraintes de synchronisation disjonctive, simultanée ou de précedence aux patients A, B et C, implique la résolution d'un problème d'ordonnancement (*Optimal timing*) non trivial intégrant toutes les tournées.

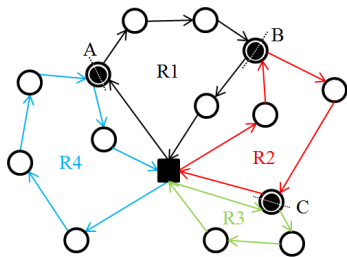


FIGURE 2 – Tournées synchronisées

Pour des prélèvements biologiques effectués chez des patients différents, le choix du laboratoire de dépôt optimal dépend alors de la séquence de tâches effectuées. Le placement des passages aux laboratoires ajoute un niveau de décision qui dépend des prélèvements déjà effectués et des contraintes de délai de livraison associées. Dans la Figure 3 des échantillons prélevés en A, B et C peuvent être indifféremment apportés aux laboratoires Lab1 et Lab2. La tournée en lignes pleines va déposer l'échantillon de A au Lab1 puis ceux de B et C au Lab2. Une autre solution en pointillés apporte tous les échantillons en fin de tournée au Lab1. Cette dernière permet de n'effectuer qu'un dépôt mais suppose que les prélèvements faits en B et C peuvent attendre suffisamment longtemps avant d'être amenés au Lab1.

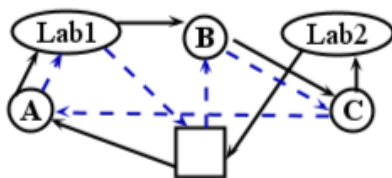


FIGURE 3 – Tournées logistiques d'échantillons biologiques

Pour assurer la continuité des soins d'un patient, un soignant va lui être affecté pour la durée de son séjour. La charge de travail de ce soignant est alors sujette à des incertitudes concernant la durée de séjour du patient, l'évolution de son état de santé et la durée de transport pour visiter ce patient. L'incertitude sur la durée de transport est liée à

l'évolution dans le temps du groupe de patients visités par le soignant en question. Quelques équipes de chercheurs ont développé des méthodes d'optimisation robuste pour l'affectation des patients aux soignants [3], et des méthodes d'approximation des durées de tournées en fonction du groupe de patients visités qui sont basées sur de l'apprentissage [15].

4 Perspectives pour de futurs travaux

À ce jour les SAD ont essentiellement alimenté la définition de contraintes ou critères originaux à intégrer dans les problèmes de tournées de véhicules riches. Des méthodes adhoc sont proposées mais certaines contraintes ou critères posent encore des difficultés pour intégrer des schémas génériques de résolution. La définition de tels schémas est une ligne de recherche particulièrement active depuis quelques années.

Une autre tendance du secteur des SAD est à l'externalisation de certaines activités en travaillant avec des libéraux par exemple. Une partie du rôle des SAD comprend une dimension de coordination de soignants dont certains ont leurs propres intérêts et ne peuvent pas avoir leur activité planifiée de façon centralisée. Proposer des supports à la décision pour ce type de planification est un challenge actuellement.

Concernant les approches proposées dans la littérature, encore trop peu d'entre elles proposent d'intégrer l'incertitude sur les données (temps de service, annulation, temps de trajet, etc.) ou de traiter les aspects dynamiques de ce problème autrement que par un horizon glissant et une approche déterministe. Les SAD forment un cas d'étude pertinent pour le développement d'approches robustes aux aléas.

Enfin, l'apport de nouvelles technologies liées à la télémédecine peut ajouter un niveau de décision supplémentaire qui est la gestion d'intervenants pouvant rester dans la structure et intervenir à distance avec néanmoins une pertinence susceptible d'être inférieure qu'en se rendant sur place. La prise en charge encore marginale de la télémédecine par la sécurité sociale et les mutuelles de santé ralentit le développement de ces prises en charge. Cependant les perspectives d'économies pour la société laissent supposer un développement rapide de ces technologies, sous réserve de disposer d'un cadre légal favorable.

Références

- [1] J.F. Bard et al. A sequential GRASP for the therapist routing and scheduling problem. *J. Sched.*, **17** :109–133, 2014.
- [2] K. Braekers et al. A bi-objective home care scheduling problem : Analyzing the trade-off between costs and client inconvenience. *Eur. J. Oper. Res.*, **248** :428–443, 2016.
- [3] G. Carello et al. A cardinality-constrained robust model for the assignment problem in Home Care services. *Eur. J. Oper. Res.*, **236(2)** :748–762, 2014.
- [4] P.M. Duque et al. Home care service planning. The case of Landelijke Thuiszorg. *Eur. J. Oper. Res.*, **243** :292–301, 2015.
- [5] P. Francis et al. The Period Vehicle Routing Problem and its extensions. In : *The Vehicle Routing Problem : Latest*

Advances and New Challenges. Springer US, 73–102, 2008.

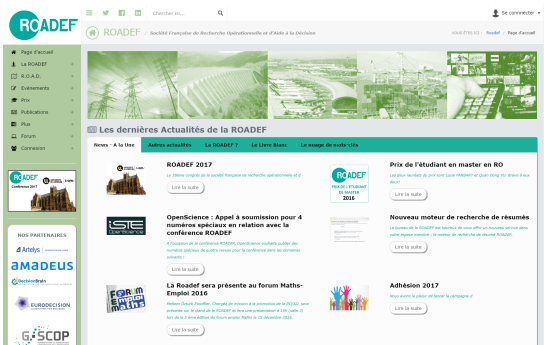
- [6] A. Goel et al. A general vehicle routing problem. *Eur. J. Oper. Res.*, **191** :650–660, 2008.
- [7] G. Hiermann et al. Metaheuristics for solving a multimodal home-healthcare scheduling problem. *Cent. Europ. J. of Oper. Re.*, **23** :89–113, 2013.
- [8] A. A. Kovacs et al. The generalized consistent vehicle routing problem. *Transport. Sci.*, **49** :796–816, 2014.
- [9] R. Liu et al. Heuristic algorithms for a vehicle routing problem with simultaneous delivery and pickup and time windows in home health care. *Eur. J. Oper. Res.*, **230** :475–486, 2013.
- [10] D.S. Mankowska et al. The home health care routing and scheduling problem with interdependent services. *Health Care Manag. Sci.*, **17** :15–30, 2014.
- [11] C. Rodriguez Verjan et al., Economic comparison between Hospital at Home and traditional hospitalization using a simulation-based approach, *J. Enterp. Inf. Manag.*, **26**(1) :135–153, 2013
- [12] E. Sahin et al. A contribution to operations management-related issues and models for home care structures. *Int. J. Logis. Res. Appl.*, **18** :355–385, 2015.
- [13] P. Toth et al. (Eds.) *Vehicle routing : problems, methods, and applications* (Vol. 18). Siam, 2014
- [14] A. Trautsamwieser et al. A Branch-Price-and-Cut approach for solving the medium-term home health care planning problem. *Networks*, **64** :143–159, 2014.
- [15] S. Yalçındağ et al. A Two-Stage Approach for Solving Assignment and Routing Problems in Home Health Care Services. In : *Proceedings of the International Conference on Health Care Systems Engineering*, 47–59, 2014.

Un nouveau site web pour la ROADEF

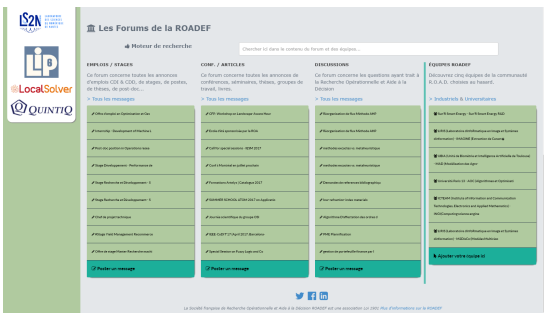
par Antoine Jeanjean (webmaster, bureau ROADEF)

C'est avec grand plaisir que nous avons passé en ligne la nouvelle version en septembre 2016 du nouveau site internet de la ROADEF. Nous avons intégré le nouveau logo et les nouvelles couleurs, l'intégralité des textes de l'ancien site ont été migrés et mis à jour par l'équipe, et nous avons mis en place un espace « Membre » qui permet de participer au Forum et qui offrira très bientôt de nouveaux services.

Une page d'accueil orientée « News ». La page d'accueil du site met désormais en avant des articles de présentation des événements ainsi que certains articles du bulletin ROADEF. Ces articles sont relayés sur les réseaux sociaux (Facebook, Twitter et LinkedIn) pour améliorer la visibilité du contenu. Si vous souhaitez mettre en avant une journée de travail ou une conférence, n'hésitez pas à nous envoyer un titre, une image, un chapeau et un contenu pour qu'un des membres du bureau puisse vous créer une news.

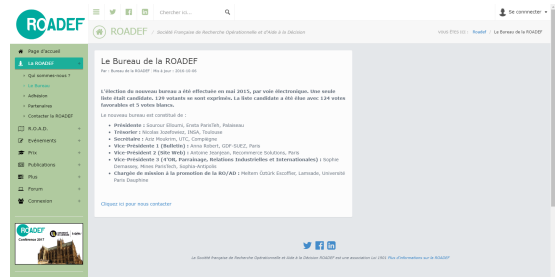


Trois forums ROAD. En dessous de ce bloc de news, vous trouverez les derniers messages postés par les membres de la ROADEF : les emplois/stages, les appels à articles ou présentation de conférences/workshop et un forum plus généraliste permettant d'échanger sur des études de cas, des problèmes de RO ou de nouveaux logiciels. Nous avons ajouté un moteur de recherche permettant de rechercher parmi tous les sujets du forum depuis sa création, aussi bien dans le titre que dans le contenu du post.



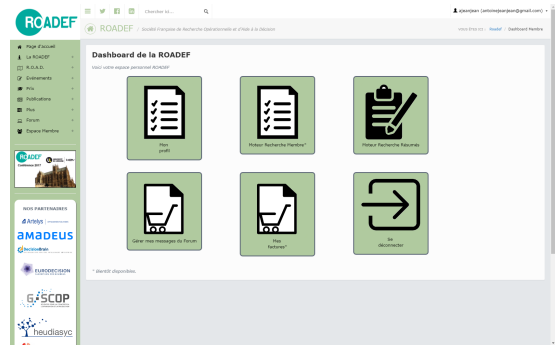
Les pages de contenu. Vous retrouverez dans le menu à gauche l'ensemble des contenus en lien avec la ROADEF : présentation de l'association, du bureau, des adhésions, des évènements, des prix délivrés par l'association ainsi que les rapport d'Assemblée Générale. Si vous voyez des modifications à apporter ou des idées de nouvelles pages, n'hésitez

pas à nous les soumettre.



Le moteur de recherche. Le moteur de recherche disponible en haut de chaque page permet de rechercher aussi bien dans les contenus, les news, les équipes et les message du forum. Le type de contenu est indiqué avant le titre du résultat pour mieux vous orienter.

Votre espace personnel. Après vous être connecté en haut à droite du site internet (vous devez vous créer un compte si vous n'en n'avez pas déjà un), vous accédez à l'espace « membre ». Pour le moment, celui-ci vous permet de poster un message, de gérer vos anciens messages (dé-publication d'anciens messages périmés) et nous avons ajouté une fonctionnalité permettant de chercher les anciens résumés ROADEF. Nous allons tâcher d'ajouter d'autres conférences ; à ce jour, les résumés de Compiègne et de Marseille ont été mis en ligne. Bientôt vous retrouverez dans cet espace personnel deux nouvelles fonctionnalités intéressantes : la recherche des membres de la ROADEF (via les mots clés saisis lors de la création du compte) et vos factures d'adhésion.



Le répertoire des équipes RO. Un certain nombre d'entre vous nous ont renvoyé leur fiche de présentation « Équipe » qui nous a permis de mettre à jour les informations relatives aux équipes ROAD françaises privées et publiques. Vous y retrouverez les thématiques abordées par chaque équipe, des mots clés, la liste des membres et les informations de contact. Si votre équipe n'a pas encore complété sa fiche ou que des informations sont erronées, envoyez-nous les mises à jour à webmaster@roadef.org.

De futurs projets Parmi les projets sur lesquels nous travaillons actuellement, le backoffice du site qui permet de gérer les partenaires, la publication des news, des contenus, la modération des messages du forum et la gestion des membres ROADEF par chaque membre du bureau. Si vous avez des idées, écrivez-nous pour nous soumettre vos suggestions à webmaster@roadef.org.



Vie du GdR RO

par **Alain Quilliot**

1 Le GDR RO (CNRS 3002) : bilan 2016 et perspectives 2017.

Quelques mots sur le bilan 2016

Malgré l'absence en 2016 d'une Journée Industrielle, l'année qui vient de s'écouler a été bien remplie.

Elle a été une année de renouvellement des cadres : Imed KACEM a succédé à Jacques CARLIER (départ à la retraite) comme co-responsable du Pôle Problèmes Opérationnels ; Mourad BAIYOU à Marc DEMANGE comme co-responsable du Pôle Modèles et Fondements. Nicolas JOZEFOWIEZ, Philippe LACOMME et Caroline PRODHON viennent par ailleurs de succéder à Frédéric SEMET et Christian PRINS à la tête du GT GT2L (Transport/Logistique) du Pôle Problèmes Opérationnels.

Elle a vu aussi se tenir différentes *manifestations* qui se sont avérées des succès, notamment :

- L'Ecole d'Eté Annuelle Jeunes Chercheurs et PhD du GDR RO à GRENOBLE (4 au 7 juillet 2016), pilotée par les groupes COSMOS, PM, BERMUDES, ORGDS, avec comme thème directeur *la Décision dans l'Incertain*. Cette Ecole Thématique, portée par Jean-Marc VINCENT (IMAG) a comporté 18 heures d'exposé, structurées en 3 journées :

- Journée 1 : Processus Markoviens et Simulation
- Journée 2 : Optimisation Stochastique
- Journée 3 : Applications à Ordonnancement et Planification Robuste

Le Comité Scientifique était composé de : Philippe MAHEY (Optimisation Stochastique), Denis TRYSTRAM (Ordonnancement/Incertain), Jean-Marc VINCENT et Alain JEAN-MARIE (Modélisation Markovienne et Simulation). Cette école a pu se prévaloir de 85 participants.

- La Demi-Journée Tutoriels GDR RO lors du Congrès ROADEF à COMPIEGNE, 11 février 2016 : 6 tutoriels d'une heure (60 participants par tutoriel), dispensés par :

- Jacques CARLIER, HEUDIASYC : Ordonnancement avec ressources flexibles
- Michel HABIB, LIAFA : Optimisation via graph searches
- Jérôme LANG, LAMSADE : Théorie du choix social y Denis TRYSTRAM, LIG : Optimisation de ressources dans les systèmes parallèles/distribués
- Michel DE LARA, ENPC : Optimisation stochastique
- Louis-Martin ROUSSEAU, Ecole Polytechnique de Montréal : Liens entre Programmation par contraintes et Recherche Opérationnelle

Au plan des *interactions pluridisciplinaires* avec les autres GDR, axe directeur pour l'action du GDR RO, le GDR RO a participé à la mise en route (Montpellier, juin 2016) du

Pré-GDR IA : les GT RO et Contraintes (Marie-Jo HUGUET, Xavier LORCA, Arnaud MALAPERT) et TADJ (Algo/Jeux : Patrice PERNY, Stefano MORETTI), constitueront les principaux points d'interaction entre le GDR RO et ce Pré-GDR IA, qui organiseront conjointement en 2017 une Ecole Thématique. De la même façon, le GDR RO, via le GT "Graphes et RO", et le GDR IM, ont collaboré autour des Journées JGA (Graphes et Algorithmes), tenues du 16 au 18 novembre 2016 à l'Université Paris Dauphine.

Activités des Groupes de Travail, on notera :

- l'action du GT COSMOS du Pôle Décision (anciennement COS) qui, outre son rôle moteur dans l'organisation de l'Ecole Thématique du GDR, a élargi en 2016 son spectre thématique de façon à englober modèles descriptifs (orientés Simulation) et modèles décisionnels (orientés Optimisation Stochastique).
- l'organisation par le GT Optimisation de Réseaux du Workshop Réseaux SDN, en partenariat avec ORANGE, HUAWEI et le GDR RSD, le 23 novembre à Paris,
- l'organisation par le Groupe POC (Polyèdre) du Congrès ISCO (120 participants) et de la Spring School ISCO, en juin 2016, à Vietri sul Mare, Italie,
- l'organisation par le Groupe POC d'un Workshop pour l'anniversaire des 60 ans de A. Ridha MAHJOUB, les 7 et 8 décembre 2016, à l'Institut Henri POINCARÉ à PARIS (80 participants),
- les Journées pour les 20 ans du groupe BERMUDES, le 19 décembre à Clermont-Ferrand.

Soutien à manifestations :

Le GDR RO a soutenu, sous différentes formes, les conférences et workshops suivants :

- ROADEF 2016, février 2016 à Compiègne,
- Workshop du 60ème anniversaire d'A. Ridha MAHJOUB, décembre 2016, IHP Paris,
- Journées DRCN (Réseaux de Télécommunications) au CNAM ; JGA (Journées Graphes et Algorithmes), novembre 2016 à Paris Dauphine,
- ILS (Logistique et Santé), journées PGMO (EDF/Institut HADAMARD, Ecole Polytechnique, octobre 2016,
- EURO PhD School "Heuristiques et Logistique", avril 2016 à Brest,
- EURO Group Industry "RO en Industrie" Avignon, juin 2016,
- VEROLOG, juin 2016, "RO et Transports" à Nantes ; ALGOTEL "Télécommunications", à Bordeaux,
- Journées JFPC 2016, Programmation par Contraintes, Montpellier, juin 2016',
- Atelier Evaluation de Performances, mars 2016, LAAS, Toulouse,
- EuroPar, Grenoble, août 2016.

Mobilité Jeunes :

Le GDR RO a alloué des Bourses de Mobilité Doctorant/Jeune Chercheur (Responsable Lucie GALLAND) : bourses de 600 Euros pour l'étranger et 400 Euros pour la France, à :

- Etienne AUCLAIR, MIAT : Université de Minnesota (Etats-Unis) sur Contrôle de réseaux bayésiens dynamiques : application à des réseaux d'inférence écologiques,
- Laurent DAUDET, CERMICS : Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (Suisse) sur Réajustement en temps réel de

grilles horaires de départs de trains, en cas de fortes perturbations,

- Hugo GILBERT, LIP6 : Sun Yat-sen University (Chine) sur Prise en compte d'une information préférentielle de nature ordinaire dans des problèmes de décision séquentielle - Nathalie HELAL, LIG2A : CEDRIC-CNAM (France) sur Fonctions de croyance et recours,
- Nicolas HUIN, COATI : Université Concordia, Montréal (Canada) sur Compromis entre la protection contre les pannes et l'efficacité énergétique des nouveaux réseaux SDN,
- Juliette MEDINA, IRCCyN : sur Load plan design and vehicle routing in freight transportation.

Autres fait marquant : 2016 a vu le démarrage effectif du Projet Européen H2020 RISE Marie CURIE GEOSAFE, à l'intérieur duquel le GDR RO constitue l'interlocuteur français, sur la planification réactive en situation de catastrophe naturelle (feux de forêts).

Que peut-on à présent dire des perspectives 2017 ?

Tout d'abord, le GDR se maintiendra en instrument de veille et de réflexion scientifique, attentif aux défis émergents de la RO et à la façon dont il peut répondre à ces défis : nouveaux applicatifs (Energie, Tarification/Revenu Management) ; nouvelles problématiques fondamentales (Robustesse/Gestion Incertitudes, Couplage Optimisation et Simulation, Décision Collaborative, Décision Dynamique) ; nouvelles interfaces pluridisciplinaires (Big Data, IoT, RO embarquée...). Il le fera en interface avec d'autres GDR et notamment avec ceux dont il est proche : MADICS (Masses de Données), IA (Intelligence Artificielle), MACS...

Il organisera une Journée Industrielle, sans doute avec un des deux GDR précités, sur un thème faisant interagir RO, Gestion de connaissances et Gestion de contraintes.

Il s'impliquera de façon très volontariste dans l'organisation d'Ecoles Thématiques :

- Ecole Jeune Chercheur du GDR sur RO et Contraintes, à NICE, en partenariat avec le Pré-GDR IA et avec l'AFPC (Association française de Programmation par Contraintes).
- Ecoles Jeune Chercheur organisées au niveau des Pôles des GT sur :
 - Ordonnancement/Planification (Pilote : GT GOTHA), à Angers
 - Transport/Modèles de Logistique (Pilote : GT GT2L), à Gardanne
 - Décision Multicritère (Pilote : GT ATOM), à Lille
 - Polyèdres et Optimisation Combinatoire (Pilote : GT POC), à Villetaneuse

Il poursuivra son action de soutien à la Mobilité des Jeunes Chercheurs et Doctorants.

Et enfin, last but not least, il contribuera aussi à l'organisation de ROADEF 2017 à METZ, via une 1/2 Journée Tutoriels : Bruno ESCOFFIER (LIP6, Approximation), Aziz MOUKRIM (HEUDIASYC, Ordonnancement), Pierre FOUILHOUX (LIP6, Polyèdres), Dan GUGGENHEIM (Banque de France, Décision Financière), Benoît OTJACQUES (Univ. Luxembourg,

BioInformatique), Michael POSS (Univ. Montpellier, Robustesse).

2 Présentation du groupe : Bermudes

Partant du constat que beaucoup de problèmes d'ordonnancement pouvaient être résolus en utilisant des techniques assez proches, la création d'un espace d'échange entre chercheurs (qu'ils soient débutants ou confirmés) dans lequel serait mis en avant le partage d'expérience académique ou industrielle sur ces thématiques est apparue comme particulièrement pertinente. C'est dans cet esprit qu'en 1996 a été créé le groupe de travail Bermudes, qui fait depuis à la fois partie du GDR MACS et du GDR RO.

A ses débuts, Bermudes s'est focalisé sur 3 problématiques d'ordonnancement, formant ainsi les sommets de son triangle :

- le Hoist Scheduling Problem (HSP),
- les problèmes d'ordonnancement dans les FMS (Flexible Manufacturing Systems)
- le Flow-Shop Hybride (FH).

Depuis, son champ thématique s'est développé intégrant désormais :

- les problèmes d'ordonnancement dans un contexte d'atelier (HSP, FMSSP, etc.), où on s'intéresse entre autres à la gestion conjointe des ressources de transformation et de transport,
- les problèmes d'ordonnancement de projet (RCPSP), pour lesquels les contraintes sont un peu particulières (ressources cumulatives, profils, etc.),
- les problèmes classiques de la littérature (Job Shop, Flow Shop, Job Shop généralisé, Flow Shop Hybride, etc.)

Une spécificité du groupe est également de mettre l'accent sur les problématiques issues d'un contexte industriel, aboutissant souvent à des modèles pouvant présenter des caractéristiques ou des contraintes originales. C'est ici que l'esprit de Bermudes prend tout son sens puisqu'on cherchera aux travers des échanges du groupe, à mettre en évidence des similitudes avec des problèmes qui pourraient a priori sembler être de natures très différentes, d'en déduire des pistes de méthodes d'optimisation efficaces. Il n'est également pas rare que soient abordées des problématiques connexes, ayant toujours un lien fort avec l'ordonnancement.

Mode de fonctionnement

Fidèle à sa philosophie initiale, Bermudes est avant tout un groupe d'échanges entre chercheurs débutants et confirmés. Dans cet esprit, les exposés sont principalement réalisés par des doctorants, qui viennent présenter leur problématique, leur modélisation et les méthodes de résolution envisagées. Initialement, le format de l'exposé relevait plus de la réunion de travail (échange en cours de présentation, suggestion et débat autour d'une idée. . .) que d'une simple conférence pouvant être ajoutée à l'actif du doctorant. Il pouvait arriver qu'une présentation dure plus d'une heure. Il était également possible, selon le temps disponible, de procéder à des exposés imprévus donc improvisés. Cependant, ce genre de réunion devenant de plus en plus difficile à organiser, ce mode de fonctionnement a été momentanément mis

en sommeil pour privilégier les sessions en conférences et réunions dans le cadre des GDRs, tout en restant fidèle à "l'esprit Bermudes".

Bilan

Actuellement, 181 personnes sont inscrites à la liste de diffusion. Dernières réunions :

2015

- 3 sessions de travail pour la 20ème journée du pôle STP du GDRMACS à Troyes les 5 et 6 février 2015 (20 participants par session environ, 2 exposés par session) :
 - Nouveaux enjeux en planification de la production,
 - Survey : Notations et classifications,
 - Session plénière : Comordo un outil pour la communauté ;
- 1 session de travail commune avec le groupe META pour la 21ème journée du pôle STP du GDRMACS à Nantes les 26 et 27 novembre 2015 (20 participants, 2 exposés).

2016

- 2 sessions de travail pour la 22ème journée du pôle STP du GDRMACS à Grenoble les 19 et 20 mai 2016 (15 participants par session environ, 2 exposés par session).
- 2 sessions de travail pour la 23ème journée du pôle STP du GDRMACS à Colmar les 3 et 4 novembre 2016 (25 participants par session environ) :
 - Session commune avec le groupe de travail META "Métaheuristiques et problèmes d'ordonnancement ou de planification" (3 exposés),
 - Session commune avec le groupe de travail C2EI "Gestion des ressources humaines : gestion des compétences, problèmes d'ordonnancement et de planification" (3 exposés).

Organisation d'une journée de travail pour les 20 ans du groupe le 19 décembre 2016 à Clermont-Ferrand, 35 participants

Le programme était composé de :

- bref historique du groupe
- 3 conférences :
 - Jean Charles BILLAUT, Ecole Polytechnique de l'Université de Tours (EPU - Polytech'Tours), Laboratoire d'Informatique (LI), sur le thème "Ordonnancement : petit tour d'horizon et petits problèmes sympas",
 - Céline GICQUEL, Université Paris Sud, Laboratoire de Recherche en Informatique (LRI), sur le thème "Production planning and lot-sizing : an overview of recent trends",
 - Nadjib BRAHIMI, Rennes School Of Business, sur le thème "Planification de la production et intégration verticale et horizontale des décisions en chaîne logistique" ;
- 2 exposés de doctorants
- une table ronde sur l'avenir du groupe

Organisation de sessions dans des conférences en 2016 :
- Congrès ROADEF 2016 (Compiègne, du 10 au 12 février 2016, 2 sessions, 30 participants environ par session), 2

sessions, 4 exposés pour chaque session ;

- MIM 2016 (Troyes, du 26 au 30 juin 2016, 1 session "Scheduling and Production Planning", 20 participants environ).

Animateurs :

Christelle BLOCH (FEMTO-ST, Montbéliard)

David LEMOINE (IMT-A, LS2N, Nantes)

Sylvie NORRE (LIMOS – Clermont-Ferrand)

3 Présentation du Groupe de Travail TADJ : Théorie Algorithmique de la Décision et des Jeux

Historique et genèse du groupe

La théorie de la décision s'est longtemps focalisée sur le potentiel descriptif ou prescriptif des modèles, et leur justification axiomatique, négligeant les aspects calculs et représentation du fait du nombre relativement réduit des solutions à comparer ou à stocker dans les problèmes réels rencontrés. Les applications modernes des systèmes de décision (recommandation sur le web, configuration à base de préférences, enchères combinatoires, planification) ont toutefois montré la nécessité de pouvoir manipuler des préférences dans des environnements plus complexes (problèmes de grande taille, définition implicite des solutions réalisables, objectifs multiples, incertitude, co-existence de nombreux utilisateurs, contexte distribué) et ont placé les aspects computationnels au coeur des préoccupations de la communauté "aide à la décision" (optimisation exacte ou approchée avec garantie de performances, analyse de complexité en temps, en mémoire, en communication). C'est pourquoi les travaux des informaticiens travaillant en décision visent depuis une dizaine d'années à développer ce que l'on appelle désormais *la théorie de la décision algorithmique*, une discipline au carrefour de la théorie classique de la décision telle qu'elle est développée en économie mathématique et de l'algorithmique de l'optimisation (voir proceedings des conférences "Algorithmic Decision Theory" 09,11,13,15, Springer). Ce domaine de recherche est naturellement présent dans la communauté recherche opérationnelle qui s'intéresse à la prise en compte de préférences dans les problèmes d'optimisation complexes. Elle est également présente en intelligence artificielle où l'on étudie des langages pour la représentation compacte de préférences, des techniques pour apprendre les préférences des agents, et des systèmes de raisonnement et de décision exploitant les préférences d'un ou plusieurs agents.

La théorie des jeux qui s'intéresse aux aspects stratégiques de la décision a suivi une évolution similaire, de l'économie mathématique vers l'informatique, largement catalysée par l'apparition et le développement d'internet créant un lieu d'échange permettant des interactions de plus en plus complexes au sein de groupes d'individus de plus en plus larges et des marchés de grande taille évoluant rapidement. Cette dynamique a contribué à faire apparaître un besoin essentiel d'algorithmes pour la décision collective, l'allocation de ressources, le calcul ou l'approximation d'équilibres, la modélisation de processus de formation de coalitions, la conception de méthodes d'optimisation multi-agents en présence d'interactions fortes entre agents, la conception de mécanismes décisionnels difficilement manipulables. Ces

besoins ont donné lieu au développement de ce que l'on appelle désormais la théorie des jeux algorithmique (voir le livre *Algorithmic Game Theory* de Nisan, Roughgarden, Tardos et Vazirani, 2008).

L'importance prise par ces problématiques dans la communauté informatique nationale et internationale, leur évolution parallèle et les liens entre les problèmes abordés en théorie de la décision et en théorie des jeux ont suscité la création, au sein du GDR RO, du groupe TADJ qui étudie donc les aspects modélisation et algorithmiques des deux domaines et leur interaction. L'objectif de ce groupe de travail est d'animer et développer un groupe de discussion multidisciplinaire (RO, IA, Choix Social, Théorie des Jeux) permettant d'aborder l'algorithmique de la théorie de la décision (décision multicritère sur domaine combinatoire, décision collective et choix social computationnel, décision séquentielle dans l'incertain et le risque, optimisation robuste, élicitation de préférences), des problèmes de théorie des jeux algorithmique (calcul ou approximation d'équilibres, modélisation de processus de formation des coalitions et/ou des réseaux), en tenant compte des aspects stratégiques, stabilité des solutions, manipulation des préférences, partage de l'information, optimisation en présence d'interactions entre agents. Au niveau des groupes de travail du GDR, l'activité de recherche en informatique de la décision était initialement présente au sein de groupes de travail du GDR I3, puis s'est poursuivie au sein du GDR RO avec des groupes sur la décision et l'optimisation multicritère. Le groupe décision du GDR RO a ensuite fusionné avec le groupe CONGAS qui travaillait sur la théorie des jeux algorithmique pour constituer le groupe actuel.

Activités récentes et futures

Le groupe se réunit deux fois par an, généralement à Paris, et propose un séminaire où sont présentés des travaux en cours et des résultats représentatifs de la recherche nationale ou internationale en théorie de la décision algorithmique ou en théorie des jeux algorithmique. Parfois des journées ou demi-journées thématiques sont organisées, par exemple sur les jeux coopératifs, sur l'élicitation de préférences, ou encore sur l'intégrale de Choquet, pour mentionner des exemples récents. Ces réunions sont largement ouvertes non seulement aux chercheurs permanents mais aussi aux doctorants. La participation des jeunes est vivement encouragée et nous nous attachons à faire en sorte qu'un ou deux exposés de jeunes chercheurs soient programmés lors de chaque journée.

La problématique de la décision et des jeux étant également très présente et active à l'échelon national en intelligence artificielle, il nous paraît très souhaitable que le groupe soit également un lieu d'interaction avec la communauté IA et le groupe devrait prochainement devenir un groupe commun à l'interface du GDR RO et du GDR IA récemment créé. L'activité du groupe TADJ s'en trouvera renforcée et des thématiques prometteuses au carrefour des deux domaines seront abordées dans le groupe, par exemple la décision et l'apprentissage des préférences, la représentation compacte de préférences et le choix social sur domaine combinatoire, la théorie des jeux et la conception d'algorithmes d'optimisation à véricité garantie, l'explication des décisions et la théorie de l'argumentation, le choix social pour la décision multi-agents.

Les activités du groupe relèvent de l'axe décision (modélisation, prévision, évaluation) du GDR RO et, au sein de cet axe, sont complétées par deux autres groupes de travail, le groupe ATOM plus spécifiquement dédié aux applications de l'optimisation multiobjectif et le groupe COSMOS qui s'occupe de contrôle, d'optimisation stochastique et de simulation. Pour plus de détail sur les activités du groupe TADJ voir <http://gdrro.lip6.fr/?q=node/74>

Les participants du groupe TADJ sont impliqués, au niveau national, dans différents projets ANR sur la thématique de la décision individuelle ou collective, de la théorie des jeux, et dans le GDR International AlgoDec qui vise à développer la même thématique au niveau international.

Animateurs :

Stefano MORETTI, LAMSADE, Université Paris-Dauphine
Patrice PERNY, LIP6, Université Pierre et Marie Curie

Le congrès ROADEF2017 à Metz

par **Imed Kacem et Christophe Rapine**

Le congrès annuel de la Société Française de la Recherche Opérationnelle et d'Aide à la Décision constitue un lieu privilégié de rencontres et d'échanges pour la communauté RO/AD francophone. La 18^{me} édition du congrès, ROADEF2017, est organisée sous l'égide de l'Université de Lorraine, principalement par l'équipe DOP (Décision et Optimisation) du laboratoire LCOMS en partenariat avec des membres du LGIPM.

Le congrès se déroulera les 22, 23 et 24 février sur le campus de l'Île du Saulcy, à Metz, une ville d'Art et d'Histoire avec un très riche patrimoine architectural (Cathédrale Saint Etienne, temple Neuf, Opéra, Saint-Pierre-Aux-Nonnains, Palais du Gouverneur, quartier Impérial, colline Sainte-Croix, etc.) et culturel (Centre Pompidou, musée de La Cour d'Or, etc.). Les deux fleuves qui traversent la ville, la Moselle et la Seille, lui confèrent un cadre naturel exceptionnel, agrémenté de nombreux parcs et jardins. Un programme social, proposé le vendredi à l'issue du congrès, permettra de faire découvrir la ville.

Le congrès ROADEF2017 intéresse tous les thèmes de la Recherche Opérationnelle et de l'Aide à la Décision, tant sur les aspects méthodologiques que sur les applications dans toute leur diversité. Il propose un programme scientifique très riche avec 242 articles acceptés par le Comité Scientifique, dont nous remercions le travail de lecture et d'évaluation des soumissions. Nous aurons également le plaisir d'écouter cinq conférenciers invités de renom : Dorit Hochbaum (UC Berkeley), Ridha Mahjoub (LAMSADE), Claude Le Pape (Schneider Electric), Vangélis Paschos (LAMSADE) et Hande Yaman (Bilkent University). Comme lors des précédentes éditions, figurent au programme du congrès le "Prix Jeune Chercheur", l'Assemblée Générale de la ROADEF et une session de tutoriels proposée et organisée par le GDR RO.

A noter que ROADEF2017 organise une issue spéciale basée sur les travaux présentés lors de la Conférence. Un accord exclusif a été conclu avec RAIRO-Operations Research, revue soutenue par les sociétés ROADEF et SMAI.

Pour toute information utile, nous vous invitons à visiter le site de la conférence : <http://roadef2017.event.univ-lorraine.fr>



La Cathédrale Saint Etienne et le port de plaisance

ROADEF/EURO Challenge

Edition 2016 : Prix Scientifique

Evénement spécial Challenge à Metz !

par **Eric Bourreau, Safia Kedad-Sidhoum et David Savourey**

Le prix scientifique du challenge ROADEF/EURO 2016 dont le sujet portait sur le problème d'optimisation de tournées de véhicules avec gestion des stocks dit "Inventory Routing" pour la distribution de gaz industriels chez AIR LIQUIDE sera décerné lors du congrès ROADEF2017 à Metz. Un jury présidé par Roberto WOLFLER CALVO (Professeur à l'Université Paris 13) et composé d'experts scientifiques sur cette thématique :

- Jean ANDRE (Operations Research & Data Science Team Manager, Air Liquide) ;
- Leandro COELHO (Professeur à l'université de Laval, Québec) ;
- Frédéric GARDI (Product Manager de LocalSolver, Innovation 24) ;
- Christian PRINS (Professeur à l'Université de technologies de Troyes) ;
- Emiliano TRAVERSI (Maître de Conférences à l'université Paris 13).

Toutes les informations concernant ce prix sont détaillées sur le site du Challenge en suivant le lien : <http://challenge.roadef.org/2016/en> (rubrique Scientific Prize).

Pour valoriser les contributions scientifiques autour du sujet de l'édition 2016 du Challenge, une section spéciale dans un numéro régulier de la revue internationale Transportation Science sera dédiée au challenge ROADEF/EURO 2016. La date limite de soumission est fixée au 1er mai 2017.

Evénement spécial au congrès de Metz. Une table ronde sera organisée à ROADEF2017 autour des retours d'expérience industrielle du Challenge ROADEF avec les entreprises Air Liquide, EDF et la SNCF ayant chacune porté une édition du Challenge. Les étapes clés d'un Challenge du point de vue de l'industriel porteur seront discutées. Notamment, les efforts internes à fournir pour construire un problème assimilable par la communauté académique (avec le soutien du comité d'organisation ROADEF), la chasse aux données pour construire des instances, les efforts de communication pour rendre le Challenge accessible et permettre à tous (catégorie junior et senior de participer, les retombées immédiates du Challenge : ouverture à de nouvelles méthodes innovantes, la découverte/l'identification d'équipes de recherche, des approches de modélisations alternatives... ainsi que les retombées long terme du Challenge : construction de partenariats, visibilité dans la communauté, établissement de benchmarks de références, publications consécutives. Ce sera l'occasion pour le comité d'organisation du Challenge d'identifier de possibles améliorations à apporter pour la gestion de cette compétition.

Nous espérons vous voir nombreux à Metz pour en apprendre plus des expériences vécues par nos porteurs industriels et espérons que ces discussions permettront de susciter l'intérêt de nombreux industriels pour cette compétition !

Un appel à proposition de sujets sera officiellement lancé pour la prochaine édition 2017/2018 lors de la conférence à Metz. N'hésitez pas à nous contacter : challenge@roadef.org !

L'équipe Challenge ROADEF : Eric Bourreau (LIRMM), Safia Kedad-Sidhoum (LIP6) et David Savourey (HEUDIASYC).

Bilan du Concours du Master en RO/AD

par **Meltem Ozturk** (bureau ROADEF)

Cette année, la ROADEF a lancé pour la première fois le prix de l'étudiant de Master en RO/AD. Les 19 candidatures que nous avons reçues illustraient la variété des sujets couverts par notre domaine RO/AD (programmation mathématiques, graphes et algorithmes, optimisation stochastique, décision multi-objectif, applications, etc.) ainsi que la diversité géographique des formations de Master en France. Nous remercions tous les candidats et les félicitons pour la qualité de leur travail. Voici les Masters qui ont accueilli les candidats (par ordre du nombre de candidats) :

- Master RIT-RO (Master de Recherche : Informatique et Télécommunication parcours Recherche Opérationnelle), Toulouse
- Master MPRO (Master Parisien de RO), Région parisienne
- Master Mathématiques et Applications (parcours optimisation), Région parisienne
- Master MIMSE (Master Ingénierie Mathématiques, Statistique et économique, spécialité RO), Bordeaux
- Master MODO (Modélisation Optimisation, Décision et Organisation), Région parisienne
- Master ROCO (Recherche Opérationnelle, Combinatoire et Optimisation), Grenoble
- Master in Ubiquitous Networking and Computing, Nice
- Diplôme d'ingénieur ENSI Alger, stage à l'Université de Technologie de Compiègne
- Master en Informatique à la faculté des sciences Sidi Mohamed Ben Abdellah Dhar El Mahraz (Maroc), stage au laboratoire LASPI, Rouanne

Le jury a sélectionné sur dossier 6 finalistes qu'il a écoutés le 18 novembre 2016. Nos finalistes étaient Hadrien GODARD, Franck KAMENGA, Ioannis MANTAS, Lucie PANSART, Juliette POUZET, et Quan Dong VU. Les travaux des finalistes seront présentés lors d'une session spéciale de la conférence ROADEF2017. Les deux lauréats du prix sont :

- Lucie PANSART : Exact algorithms for the picking problem
- Quan Dong VU : Stochastic Programming Approaches for Planning Re-manufacturing Activities under Uncertain Returns and Demand Forecasts

Bravo à eux deux !



Les 2 lauréats du concours 2016 : L. PANSART et Q.D. VU

L'énigme de l'hiver 2017 : "Rencontres"

par **Daniel Porumbel** (CNAM)

N personnes se rencontrent dans une salle. Chacun serre la main de tous les autres. Montrer qu'à toute étape de cet événement il y a toujours deux personnes qui ont serré le même nombre de mains.

Solution de l'énigme précédente : "Contrepèteries" (D. Cornaz)

Le gardien doit tracer le graphe orienté dont l'ensemble des sommets $\{1, 2, \dots, 100\}$ correspond aux 100 casiers et avec une flèche de i vers j si la clé du $j^{\text{ème}}$ cachot est dans le $i^{\text{ème}}$ casier. L'unique permutation que le gardien a le droit de faire suffit pour rendre la taille maximum d'un circuit inférieure ou égale à 50. Chaque prisonnier n'a ensuite qu'à chercher la clé de son cachot, disons le $i^{\text{ème}}$, en partant du $i^{\text{ème}}$ casier et à regarder ensuite dans le $j^{\text{ème}}$ casier où j est le numéro du cachot qui est ouvert par la clé du $i^{\text{ème}}$ casier.

Dernières nouvelles...



- Le 21ème congrès IFORS aura lieu du 17 au 21 juillet 2017, à Québec, Canada : <http://ifors2017.ca/>
- Retrouvez la Newsletter d'IFORS du mois de décembre sur : <http://ifors.org/december-2016-issue/>



The Association of European Operational Research Societies

- Raca TODOSIJEVIC, de l'Université de Valenciennes remporte le prix de thèse d'EURO 2016 (Directeurs de thèse : Said HANAFI, Université de Valenciennes, et Bernard Gendron, Université de Montréal), pour *Theoretical and Practical Contributions on Scatter Search, Variable Neighbourhood Search and Matheuristics for 0-1 Mixed Integer Programs*.
- La médaille d'Or d'EURO 2016 a été décernée à Yurii NESTEROV (Université Catholique de Louvain, Belgique) et Maurice QUEYRANNE (University of British Columbia, Vancouver, Canada)
- Consultez le lien EURO pour les événements à venir : <https://www.euro-online.org/web/pages/460/calendar#top>



Gerd FINKE est décédé en janvier 2017. Il était Professeur à l'université Joseph Fourier à Grenoble. C'était un chercheur éminent en Recherche Opérationnelle.

Il a reçu une thèse de doctorat de l'Université de Kiel, Allemagne, en 1969. Il a ensuite rejoint la Faculté d'ingénierie de la Technical University of Nova Scotia, Halifax, Canada, où il a été successivement Professeur Assistant, Professeur Associé puis Professeur dans le département de Mathématiques Appliquées et de Génie Industriel jusqu'en 1988. Il a ensuite été nommé Professeur de Recherche Opérationnelle du département d'informatique et de Mathématiques Appliquées de l'Université Joseph Fourier à Grenoble, France. Il a dirigé le master grenoblois de Recherche Opérationnelle de 1988 à 2006 et il a su initier des vocations chez de nombreux élèves faisant rayonner la Recherche Opérationnelle en France et dans le monde. Il a été passionné par la recherche jusqu'à la fin. Il avait une renommée internationale et il a gardé des amis à travers le monde entier.

Gerd était très présent dans la communauté de la ROADEF. Plusieurs de ses anciens doctorants ont été membres de bureaux de la ROADEF et il a lui-même organisé deux conférences, une à Autrans en 1999 et une à Grenoble en 2007.

Nous garderons l'image d'un Professeur créatif, généreux, à l'écoute de toutes les questions, plein d'humour et avec une ouverture d'esprit remarquable.

Nadia Brauner, Clarisse Dhaenens et Marie-Laure Espinouse



Innovation24



heudiasyc

AMADEUS



EURODECISION
OPERATIONAL RESEARCH



QUINTIQ



HUAWEI

Retrouvez toute l'actualité de la ROADEF et de ses partenaires sur Facebook, Twitter et LinkedIn.



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 : Pour soumettre un article pour parution dans le bulletin, contacter Anna Robert (vpresident1@roadef.org).

Comité de rédaction : S. Demassej, S. Elloumi, A. Jeanjean, N. Jozefowicz, A. Moukrim, M. Ozturk, A. Robert.

Production du Bulletin : A. Robert.

Ce numéro a été tiré à 400 exemplaires. Les bulletins sont disponibles sur le site de la ROADEF.