



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

Sommaire

Le mot du bureau	1
Hommage collectif à Éric Jacquet-Lagrèze	2
Compte rendu de la 36ème JFRO (F. Delbot, M. Lacroix, A. Lambert, T. Lust, F. Sikora)	4
Une Histoire de la RO (J.-F. Maurras)	5
Bornes supérieures de la force et borne inférieure de la somme chromatique d'un graphe (C. Lecat, C. Lucet et C.M. Li)	10
Vie du GdR RO (P. Fouilhoux)	14
ROADEF/EURO Challenge (E. Bourreau, S. Kedad-Sidhoum, D. Savourey)	16
Bilan du congrès ROADEF 2017 à Metz (I. Kacem et C. Rapine)	17
L'énigme de l'été 2017 : "Parcours" (J.-Y. Lucas)	17

Le mot du bureau

par **Anna Robert**

Chers amis membres de la ROADEF,

Ce n'est pas sans une certaine émotion que nous publions cet été le bulletin de notre association, car il a quelque peu pris la forme d'un hommage à Éric Jacquet-Lagrèze, décédé le 7 mai dernier. Cette nouvelle a suscité une grande tristesse chez chacun d'entre nous, et vous verrez que son nom est rappelé à divers endroits du bulletin. Nous remercions l'ensemble des contributeurs de ce numéro qui, une nouvelle

fois, manifestent, par leur implication, l'engagement humain et scientifique de chacun d'entre vous.

Vous aurez donc l'occasion de lire l'émouvant témoignage collectif à Éric, préparé par Bernard Roy, Denis Montaut, Yannis Siskos et Alexis Tsoukiàs. Un peu plus loin, Jean-François Maurras nous fait l'amitié de nous livrer "son histoire de la RO", où les plus jeunes d'entre nous découvriront des facettes assez inédites de l'histoire de la RO en France. Un grand merci Jean-François, nous apprécions ce type de témoignage, et en sollicitons d'autres. Nous aimons l'idée que la ROADEF permette également de faire exister un précieux lien générationnel. Puis, Clément Lecat, lauréat du prix Jeune Chercheur 2017 organisé lors du congrès de la ROADEF, présente ses travaux sur le calcul de bornes dans le domaine de la coloration de graphes. Vous retrouverez bien entendu vos rubriques habituelles, avec un point d'actualité sur les activités du GDR RO et un focus spécifique sur les GT "Graphes et Optimisation" et "GT2L", le compte-rendu de la 36ème JFRO du 31 mai dernier, le bilan du congrès ROADEF de cette année qui s'est déroulé à Metz du 22 au 24 février. L'équipe du Challenge revient sur l'attribution des prix qui a eu lieu à Metz, mais aussi sur la table ronde organisée lors du congrès, à visée de retour d'expérience des industriels ayant proposé un sujet de challenge dans le passé. Enfin, une nouvelle énigme nous est soumise par Jean-Yves Lucas, et vous trouverez les dernières nouvelles et annonces à la fin de ce numéro.

Toute l'équipe du bureau vous souhaite un bel été !

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, ENSTA Paris-Tech
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

Hommage collectif à Éric Jacquet-Lagrèze



En mai dernier, nous apprenions par un message de Denis la triste nouvelle du décès d'Éric Jacquet-Lagrèze. Quelques collègues qui ont partagé des tranches de vie avec lui ont tenu à contribuer à un texte collectif nous livrant, chacun à sa façon, un morceau de son histoire commune avec Éric. Son directeur de thèse et compagnon des premières années Bernard Roy, son étudiant, associé et alter ego Denis Montaut, son autre étudiant, élève de Robert Faure et co-auteur Yannis Siskos et le Directeur du LAMSADE, Alexis Tsoukiàs.

Nous rendons ainsi hommage à Éric Jacquet-Lagrèze pour sa forte contribution à ce que sont aujourd'hui la Recherche Opérationnelle et l'Aide à la Décision, mais aussi pour sa grande humanité.

Merci Éric.

Le bureau de la ROADEF

Éric un très grand ami de longue date

par Bernard Roy

Je me souviens encore de ma première rencontre avec Éric. C'était je crois en 1971, il m'avait rendu visite à l'époque où j'étais directeur scientifique du groupe SEMA METRA International. J'ai été très impressionné par ce jeune ingénieur, centralien licencié en sociologie travaillant à l'IFOP. J'ai perçu d'emblée chez lui une très grande ouverture d'esprit, une forte créativité (qui ne s'est d'ailleurs pas démentie) et un réel appétit pour la recherche. En mai 1972 je l'ai embauché à la Direction scientifique de la SEMA.

Né à Fécamp en 1947, diplômé de l'Ecole Centrale de Paris en 1969, Éric a fait ensuite son service militaire et obtenu une licence de sociologie. Après l'IFOP (novembre 1971-avril 1972) et la SEMA (mai 1972-décembre 1976), j'ai contribué à le faire nommer en janvier 1977 sur un poste d'assistant puis de maître-assistant à l'Université Paris Dauphine. J'ai été très heureux qu'il puisse venir renforcer la toute jeune équipe du LAMSADE, centre de recherche qui venait d'être reconnu par le CNRS. Il a contribué au développement des méthodes multicritères d'Aide à la Décision, a été dans ce domaine l'un des précurseurs des méthodes de régression ordinale et des approches par agrégation/désagrégation. Il est l'auteur, avec Yannis Siskos, des méthodes UTA (pour plus de précision, voir à ce sujet l'article de Yannis Siskos dans la dernière lettre de l'EURO Working Group on Multicriteria Decision Aiding : <http://www.cs.put.poznan.pl/ewgmcda/newsletter/Spr17.pdf>). Après une thèse de 3ème cycle (1977), Éric a soutenu en 1981 une Thèse d'État en gestion intitulée « Systèmes de décision et acteurs multiples : contribution à une théorie de l'action pour les sciences des organisations ».

Passionné d'Informatique Éric a réussi en août 1982 à importer en France l'un des tous premiers micro-ordinateurs, objet pourtant encombrant et très lourd, qu'il était interdit de sortir des États-Unis. Il a toujours conservé précieusement cette pièce de musée. En 1983, il a déposé les statuts de la Société EURODECISION, structure conçue pour être très articulée avec le LAMSADE, afin de favoriser la recherche et le développement. Jusqu'en 1987, EURODECISION a essentiellement servi à héberger des petits contrats permettant de financer des travaux de recherche de certains doctorants du LAMSADE, notamment ceux dont Éric était Directeur de recherche.

Pour poursuivre une carrière dans le milieu académique Éric n'avait qu'une seule possibilité : devenir Professeur agrégé en Sciences de gestion. Il jugeait la recherche en gestion trop déconnectée des sciences humaines, pas assez orientée vers le concret, et surtout se désintéressant de l'applicabilité. Éric souhaitait pouvoir prouver que la Recherche Opérationnelle était utile, qu'elle permettait d'améliorer de nombreuses procédures de gestion dans des domaines aussi variés que la production, la distribution, la gestion du personnel. De plus, à cette époque dans le monde académique, la coopération avec l'entreprise et l'industrie était plutôt mal vue. Très créatif, Éric était pourtant très attiré par la recherche mais il voulait en voir les résultats. Il était par conséquent tiraillé entre deux voies : poursuivre dans le milieu académique, ou faire d'EURODECISION une véritable entreprise de Recherche Opérationnelle. Il a tenté (sans vraiment s'investir dans la préparation) le concours d'agrégation du supérieur en Sciences de gestion. Pour une préparation en loge d'une journée le candidat devait se présenter à 8h du matin pour retirer le sujet. Éric est arrivé avec une demi-heure de retard faisant ainsi attendre le Président du jury qui s'était déplacé exprès. Cela a été je crois sa façon de résoudre un problème de choix difficile car, bien qu'ayant reçu de forts encouragements du jury l'incitant à se représenter au prochain concours, Éric a démissionné de son poste de maître-assistant en 1987.

À EURODECISION, Éric a développé avec succès des procédures très innovantes en programmation mathématique, notamment en génération de colonnes. Jusqu'en 1999, il a également continué à intervenir dans le DEA (Méthodes Scientifiques de Gestion) comme co-responsable avec Camille Sabroux de l'atelier « Systèmes et logiciels d'Aide à la Décision ». Après la disparition de l'AFCE (Association Française pour la Cybernétique Economique et Technique) dont il a été le Président de 1992 à 1994, il a, en 1997-1998, fortement contribué à la création de la ROADEF.

Je voudrais ici évoquer le souvenir de mon ami Patrice Bertier avec qui Éric a travaillé tout d'abord à la SEMA puis au LAMSADE. Éric le reconnaissait comme l'un de ses maîtres. Son épouse Christine me rappelait récemment l'époque où, tout jeune ingénieur, il rentrait de la SEMA en rouspétant contre Patrice qui lui faisait refaire rapport sur rapport.

Éric, une force de vie, toujours optimiste, débordant d'enthousiasme, conférencier talentueux, créateur d'entreprises (les Editions Tensing, après EURODECISION), gérant d'une boutique de produits de mode indienne, communiquant avec Christine leur passion pour la montagne et pour la voile à

leurs nombreux enfants et petits-enfants, a tout au long de sa vie donné sans compter. Il aurait pu encore continuer s'il n'était prématurément décédé à 70 ans.

Dans tes traces...

par Denis Montaut

Peut-on imaginer plus grand signe de reconnaissance d'un enseignant à son élève que de l'inviter à venir le rejoindre dans sa vision de l'avenir, à l'accompagner dans le projet qui engage sa vie ? J'ai eu la chance inouïe de recevoir la confiance d'Éric alors que je n'étais que son étudiant au LAMSADE. Éric, c'était déjà le pédagogue qui nous fascinait tous, nous faisait partager son enthousiasme pour l'innovation, arrivait en cours avec un ordinateur sous le bras (anticipant ainsi bien avant l'heure ce qui est devenu banal aujourd'hui), déployait son énergie à montrer que le modèle et l'algorithme avaient vocation à entrer dans la réalité de l'entreprise. Faire sortir le paradigme du laboratoire, montrer son utilité, en faire profiter le plus grand nombre étaient sans doute dans ses objectifs ; il était logique qu'il en vienne à créer son entreprise.

Mais limiter sa vision à cela serait oublier l'humanité de son regard et sa capacité à s'émerveiller jusqu'au bout. Dans un monde de l'entreprise où les situations de « rudesse managériale » se multiplient, cet état d'esprit a conduit Éric à créer un projet dans lequel la première préoccupation est indéniablement l'Homme, et la deuxième, le plaisir dans le travail, sans aucun doute. Je revois ces jeunes collaborateurs arrivés dans l'équipe avec leurs doutes, qui se sont progressivement révélés et épanouis dans un véritable climat de compagnonnage scientifique et technique. Je revois encore ces soirées (voire ces nuits...) de labeur à deux, dans les débuts d'EURODECISION, où, avec l'aube, arrivait l'émerveillement de voir enfin fonctionner "en vrai" le bout d'algorithme qui trouverait son application chez un de nos clients.

Ces presque trente années de collaboration, avec leurs épisodes de doutes, de difficultés, de succès, d'exaltation, semblent s'être écoulées en l'espace d'un soupir. Impossible pourtant de douter de leur réalité lorsqu'on voit ce qu'est devenu ce projet aujourd'hui, avec ses soixante collaboratrices, toujours animés du même esprit d'humanité, d'enthousiasme, de passion et d'honnêteté intellectuelle.

C'est avec une grande nostalgie que je vois ton esprit toujours vivant, Éric, dans le quotidien qui est le nôtre à EURODECISION. Merci pour tout ce que tu nous as donné !

Éric, Yannis et la méthode UTA

par Yannis Siskos

En 1977, j'ai rencontré Éric qui m'a transmis l'idée de la désagrégation des préférences en aide multicritère à la décision (MCDA) par l'intermédiaire de l'approche dite "régression ordinale". Un an après, en mai 1978, est apparue notre première publication sur la méthode UTA (Utilité Additive), d'abord dans la série Cahiers du LAMSADE, plus tard, en 1982, dans le fameux «European Journal of Operational

Research» (EJOR). La dernière révision de ce document a été faite dans la voiture d'Éric pendant un voyage de Hambourg vers Paris après la présentation du logiciel d'UTA à la conférence IFORS'81.

L'approche de désagrégation propose d'inférer des modèles de décision formels à partir de structures de préférence globales données. En particulier, la méthode UTA vise à construire une ou plusieurs fonctions de valeurs additives. En même temps qu'UTA, nous avons développé de la théorie et quelques heuristiques d'analyse de stabilité/robustesse pour gérer le problème difficile d'existence de solutions optimales multiples en programmation linéaire, lançant ainsi la théorie de régression ordinale robuste. Selon le rapport du rédacteur-en-chef, l'article d'UTA est parmi les 30 articles les plus cités dans l'histoire d'EJOR. Plus tard, un grand nombre de méthodes de MCDA ont été développées par d'autres scientifiques sur la base d'UTA, telle qu'UTADIS, UTAGMS, GRIP, ACUTA et RUTA. En 2001, nous avons publié un deuxième article dans EJOR pour célébrer les vingt années de l'expérience d'aide multicritère à la décision avec des méthodes de désagrégation.

En janvier 2012, Éric a fondé les Editions Tensing qui éditent des romans, des biographies et de la poésie. Éric a passé son enfance dans la ville de Fécamp sur la côte de la Normandie d'où il voyait les chalutiers partir pour la période de pêche à Terre-Neuve. Ces paysages et son amour de la voile et des longs voyages en mer ont fourni la majeure partie de l'inspiration de ses dernières écritures. Sa vaste expérience de l'alpinisme, son voyage en Inde et dans l'Himalaya, sont également reflétés dans sa collection d'actualités, "Namasté" et dans son roman "Les Cèdres de Kanchenjunga".

Toutes ces années, j'ai eu la chance d'accompagner le nom d'Éric dans toutes les revues internationales. J'espère bien que notre coexistence scientifique a aidé beaucoup de jeunes à créer des choses nouvelles.

Adieu Éric. Je te remercie pour tout ce que tu m'as apporté dans ma vie. Tu me manques beaucoup.

Καλό ταξίδι - Bon voyage.

Éric, un instigateur d'innovation

par Alexis Tsoukiàs

Quand je suis arrivé au LAMSADE à la fin 1993, Éric avait déjà laissé son poste d'enseignant-chercheur à Dauphine et consacrait l'essentiel de son temps à EURODECISION. Pourtant il animait encore, avec notre collègue Camille Rosenthal-Sabroux, un atelier de recherche dans le cadre du (à l'époque) DEA "Méthodes Scientifiques de Gestion" (aujourd'hui Master MODO) et nous avons l'occasion de le rencontrer à Dauphine aux séminaires et réunions avec les étudiant(e)s. C'est à ce moment que j'ai réalisé l'importance de la pensée d'Éric dans la fondation du LAMSADE. Éric avait contribué certainement, avec des travaux originaux autour des méthodes multicritères d'Aide à la Décision (et je cite ici un de ses travaux moins connu, mais extrêmement innovant pour le temps de sa parution : EJOR 1982), mais

c'est sa vision méthodologique de l'Aide à la Décision qui a fortement influencé ce que le LAMSADE est devenu au fil des années.

Pour Éric, la Recherche Opérationnelle était beaucoup plus qu'un ensemble de méthodes. Il s'agissait de penser à une méthodologie qui partait des problèmes réels, qui se présentent dans des organisations réelles avec des personnes réelles impliquées et qui devait réussir à produire des réponses à la fois rigoureuses, mais aussi implémentables, réalisables, avec un véritable impact sur l'organisation et la vie quotidienne. De ce point de vue les méthodes restent des instruments, des moyens et non pas l'objectif primaire de la recherche. C'est d'ailleurs la raison pour laquelle Éric a eu une approche éclectique avec la Recherche Opérationnelle (en s'occupant de programmation linéaire, de méthodes multicritères, d'apprentissage de préférences, d'intelligence artificielle, etc.). Cette vision très pragmatique de l'Aide à la Décision (qui accompagnait celle de Bernard Roy) a contribué de manière fondamentale à former l'esprit des travaux et de la recherche au LAMSADE et à créer son originalité.

J'ai eu l'occasion d'expérimenter la profondeur de ces idées plus tard, quand, en 2005, j'ai assuré la présidence d'EURO où nous avons lancé une campagne de promotion internationale de la Recherche Opérationnelle. Nous avons organisé un séminaire informel (avec quelques anciens présidents d'EURO et quelques grands opérateurs commerciaux et industriels de la Recherche Opérationnelle au niveau européen) et la vision d'Éric a été celle qui a réussi à exprimer la pensée des participants : partir d'une démarche formelle (mathématique, logique) pour attaquer le monde réel et ses problèmes. Cette vision m'a accompagné quand j'ai pris la direction du LAMSADE en 2012 et, là aussi, j'ai eu l'occasion de discuter avec lui des défis que l'informatique décisionnelle présentait pour la Recherche Opérationnelle.

Nous avons reçu Éric une dernière fois au LAMSADE en 2014 à l'occasion des manifestations pour les 40 ans du laboratoire. Éric avait l'esprit dans ses nouvelles aventures éditoriales et dans ses voyages, mais n'avait en rien modifié sa vision. Il était certainement étonné de voir comment son laboratoire avait évolué pendant ces 40 ans, mais il était également content de voir que le LAMSADE continuait à rester fidèle à son originalité.

Avec son départ, le LAMSADE perd un ancien collègue, un grand ami, mais surtout un de ses fondateurs et un instigateur de son originalité. Nous aimons le penser encore sur le bateau à voile pour lui souhaiter encore une fois : bon voyage Éric.

Quelques références...

- [1] Binary preference indices : A new look on multicriteria aggregation procedures, *European Journal of Operational Research*, Vol. 10, pp. 26-32, 1982.
- [2] avec Y. Siskos, Assessing a set of additive utility functions for multicriteria decision-making : The UTA method, *European Journal of Operational Research*, Vol. 10, pp. 151-164, 1982.

- [3] avec Y. Siskos, Méthode de décision multicritère, *Hommes et Techniques*, Paris, 1983.
- [4] Programmation Linéaire : modélisation et mise en oeuvre informatique, Economica, 1999.
- [5] avec Y. Siskos, The preference disaggregation approach : Twenty years of MCDA experience, *European Journal of Operational Research*, Vol. 130, pp. 233-245, 2001.
- [6] avec Y. Siskos, Preference Disaggregation, Feature Issue of the *European Journal of Operational Research*, Vol. 130(2), 2001.
- [7] Namasté, Editions Tensing, 2010.
- [8] Les cèdres du Kangchenjunga, Editions Tensing, 2011.

Compte rendu de la 36ème JFRO

par **François Delbot, Mathieu Lacroix, Amélie Lambert, Thibaut Lust et Florian Sikora**

La 36ème édition des journées Franciliennes de Recherche Opérationnelle s'est déroulée le mercredi 31 mai 2017 dans les locaux du Conservatoire National des Arts et Métiers. Cette journée avait pour thème "Robustesse". Elle a accueilli une quarantaine de participants. Quatre orateurs avaient accepté de faire un exposé. Ils ont présenté leurs travaux portant sur des algorithmes prenant en compte une certaine incertitude dans les coefficients de problèmes d'optimisation.

La journée a commencé par un tutoriel, donné par Michael Poss (LIRMM), introduisant le cadre de l'optimisation robuste et les résultats clefs du domaine. Le premier exposé de l'après-midi a été donné par Hassène Aissi (LAMSADE) et concernait l'extension d'un réseau où les demandes sont incertaines. Leur résolution utilise une formulation bi-objectifs (le coût et la qualité de service). Le second exposé a été donné par Laurent Alfandari (ESSEC Business School - LIPN) et concernait la sélection de villes pour la construction de nouveaux logements en maximisant la satisfaction des acheteurs potentiels. Ici, l'incertitude portait sur les demandes des clients. La journée s'est conclue par un exposé de Thomas Ridremont (CEDRIC - UMA) concernant la mise en place d'un réseau électrique robuste à des attaques (i.e. où il est toujours possible d'y trouver un flot après la suppression d'un certain nombre d'arcs) avec une application à un réseau d'éoliennes.

Les transparents des exposés de cette journée sont en ligne sur le site des JFRO : <http://jfro.roadef.org/>.

Une Histoire de la RO

par Jean-François Maurras



Jean-François MAURRAS, aujourd'hui à la retraite, a fait son entrée dans la RO comme stagiaire au département « Méthodes d'Optimisation » de la Direction des Études et Recherche d'EdF à l'été 1967. Il a ensuite été Officier de marine jusqu'à son retour dans ce département MO en juin 1969 où il a été ingénieur jusqu'à fin septembre 1979 où il a été recruté comme-Professeur d'informatique à l'Université de Paris 12. Il y a monté la « MIAGE ». À partir d'octobre 1990 il a été Professeur à l'Université de la Méditerranée à Marseille, aujourd'hui « Aix-Marseille Université ».

Mon histoire de la RO

Tout d'abord Recherche Opérationnelle est une très mauvaise traduction de l'anglais Operations Research qui signifie Recherche pour les Opérations, sous entendues militaires, mais aussi celles de la guerre de 1940-1945.

Cette guerre arrive à un moment clé. L'informatique n'est pas encore née, et pourtant Kurt Gödel a donné son théorème d'incomplétude en 1931, et Alan Turing résout l'Entscheidungsproblem en 1936. Les deux hommes se retrouvent à Princeton dans les années 30 invités par un autre acteur important de la future "Informatique" John Von Neuman ; d'autre part, Turing met au centre de sa preuve la notion d'ordinateur : La machine de Turing.

Je ne connais que peu de choses de ce qui s'est passé durant la guerre, si ce n'est que Turing rentre en Angleterre en 1939 où il est immédiatement repéré par les recruteurs du MI6. Turing se retrouve à Bletchley Park où il va s'attaquer au décodage des messages cryptés par l'Enigma, la machine à coder de la Kriegsmarine. Avec Claude Shannon qui va travailler pour les services secrets américains, on a ici les pères de l'Informatique et de la Cryptographie. Citons aussi ici "The ACE report" d'Alan Turing publié en 1946 où Turing décrit la structure d'un ordinateur moderne.

On vient de donner le cadre dans lequel la RO va naître, George Dantzig va se trouver travailler au centre de statistique de l'United State Air Force. En 1947 il publie un premier papier sur la Méthode (du) Simplexe, en anglais "Simplex Method". Il faut citer ici Dénes König et son fameux théorème publié en 1931. Ce théorème dit que :

Dans un graphe biparti $G(X,Y;E)$, une condition nécessaire et suffisante d'existence d'un couplage $M \subset E$, contenant tous les sommets de X , est que :

$\forall Z \subset X, |\Gamma(Z)| \geq |Z|$. $\Gamma(Z)$ est l'ensemble des sommets de Y voisins d'un sommet de Z .

L'intérêt du théorème de König repose aussi sur sa démonstration algorithmique. König propose pour le démontrer un algorithme construisant un couplage de cardinal croissant, et, s'arrêtant en donnant une preuve que ce dernier couplage M est maximum, c'est la fameuse "Méthode Hongroise".

Comme la méthode hongroise de König, le méthode simplexe de Dantzig s'arrête en fournissant une preuve de l'optimalité de la dernière solution trouvée.

Voici le cadre international, que se passe-t-il en France ? À la fin de la guerre le futur médecin, et pour nous surtout "Informaticien", Marcel Paul Schutzenberger est au cabinet de Charles Tillon, la France se réorganise et se reconstruit, Électricité de France et Gaz de France est créée en avril 1946. Air France et la Société Nationale des Chemins de Fer Français avaient été créées respectivement en 1933 et 1937.

EdF est composé d'un patchwork de plus ou moins grandes compagnies plus ou moins interconnectées, avec une concentration d'usines de production dans les Alpes, et une École d'ingénieurs à Grenoble fondée en 1900. C'est bien entendu un raccourci qui me fait citer l'INPG au moment où je parle de la création d'EdF, mais l'INPG a été créée en 1900 par les industriels grenoblois pour répondre aux besoins que faisait naître le développement de la production et de l'utilisation de l'énergie électrique, je rappelle que l'énergie **ne se produit pas**, mais je ferai l'abus de langage qui m'évitera de longues périphrases. Au sein d'EdF une "Direction des Études et Recherches" est créée, pour rationaliser les choix des matériels, disjoncteurs, isolateurs, relais... Pour ceux qui ne le sauraient pas, il n'est pas facile de couper un courant de plusieurs milliers d'ampères en 400000 volts ! Le besoin croissant en électricité nécessite la création de centrales de production hydrauliques, mais aussi thermiques car le potentiel de production hydraulique se restreint. Il faut *planifier* ces installations.

J'ai utilisé le mot *planifier* à dessein car l'un des acteurs importants de cette planification est Pierre Massé qui sera par la suite le commissaire au Plan nommé par le Général de Gaulle dans les années 60. Lorsque j'aurai cité Jean Kuntzmann, Pierre Faure et Claude Berge, je pense que j'aurai cité tous les acteurs de la Recherche Opérationnelle naissante. Je ne saurais pas être exhaustif ni impartial dans *mon* histoire de la RO française, je souhaite simplement décrire une histoire que j'ai connue indirectement au sein d'EdF et de divers groupes auxquels j'ai appartenu : le Groupe Combinatoire de l'AFCEC, le groupe Berge, et à moindre titre l'équipe autour de Michel Sakarovich à Grenoble.

Revenons à la fin de la guerre, une remarque sur les communications entre les gens à cette époque. Jusqu'à la fin des années 60 et même un peu au delà un aphorisme courait en France à propos du téléphone : *Une moitié des Français attend le téléphone, l'autre moitié attend la tonalité*. Ceux qui n'en seraient pas convaincus n'ont qu'à regarder le nombre de sketches que les humoristes de l'époque ont fait sur le téléphone. Ce que je veux dire par cette remarque, c'est qu'aujourd'hui, pour peu que l'on soit dans le bon réseau, un résultat trouvé aux États Unis à une date est connu au plus un mois après partout ailleurs dans le monde. À titre d'exemple, en 1970, à EdF une équipe de six personnes travaillait sur le problème du tri, au printemps 1970 un ingénieur d'EdF étranger à cette équipe a retrouvé quicksort (1961, 1964, 1965), on a su qu'il s'agissait de quicksort vers 1975 lorsqu'un jeune ingénieur venant de l'université a été recruté et nous a dit qu'il s'agissait de cet algorithme déjà connu.

La programmation linéaire. Dans beaucoup de domaines l'utilité de la résolution de programmes linéaires était connue. À partir de quelle époque ? Cela dépend sûrement du domaine. Prenons un exemple. Jusqu'au milieu des années 70, un ingénieur général du génie maritime qui avait compris l'intérêt des solutions des programmes linéaires, avait formé des équipes d'officiers marins, les sous-officiers de la Royale, pour, par la géométrie descriptive, résoudre des programmes linéaires jusqu'à 14 variables. Pour ceux qui ne connaîtraient pas la géométrie descriptive, il s'agit de représenter les objets en trois dimensions par leurs deux projections dans deux demi-plans orthogonaux, ces deux demi-plans étant représentés sur le même plan de part et d'autre de leur droite d'intersection. Il est facile (?) d'imaginer la représentation d'un objet en n dimensions par ses $n - 1$ projections sur $n - 1$ demi-plans deux à deux orthogonaux. En trois dimensions, les deux points correspondant au même point projeté dans les deux demi-plans, sont liés par une ligne fine orthogonale à la droite d'intersection commune aux deux demi-plans. Pour ceux qui m'auraient suivi jusqu'ici, en dimension supérieure, la chose se complique vraiment et nécessite force calculs, au moins un par dimension supplémentaire, et, pour plus de clarté et moins de fouillis de traits un par paire de dimensions, soit 91 en dimension 14...

Revenons à EdF, Dans son ouvrage "Le plan ou l'Anti-hasard", Pierre Massé raconte comment pour le dimensionnement de l'outil de production hydraulique (il s'agit des différents types d'usines hydroélectriques), il avait été amené à décrire un programme linéaire à quatre contraintes et quatre variables (les contraintes ne sont pas d'égalité). En 1957 il rencontre George Dantzig lors d'un congrès à Los Angeles, à son retour il va faire acheter un ordinateur scientifique par EdF ce qui va lui permettre de résoudre des programmes linéaires comprenant 69 variables et 57 contraintes.

En 1970 la Direction des Études et Recherches d'EdF (DER) comptait 2000 personnes dont une bonne moitié d'ingénieurs pour la plupart d'une bonne grande école française. À la création d'EdF il y en avait sans doute un peu moins, cependant ils étaient capable de modéliser les problèmes. Lorsqu'un problème est modélisé, de façon raisonnable, il ne reste plus qu'à le résoudre. Si on ne connaît pas de méthode pour le résoudre, il faut en trouver une. L'ingénieur se transformait alors en ce qu'on appelle aujourd'hui un chercheur. Cet état d'esprit a perduré jusqu'à la fin des années 70 au moins.

Parmi les problèmes d'optimisation qui se posent à EdF, il y a celui de l'arbitrage sur l'utilisation de l'eau des réserves hydroélectriques entre le court terme et le long terme. À court terme le plus économique, ce qui fait le plus économiser de matières premières, charbon, fuel, gaz ou uranium, consiste à utiliser toute l'eau que l'on peut et donc économiser le plus de matières premières à acheter. À long terme, il peut être préférable d'utiliser l'eau de ces réserves au moment des pointes de consommation, au moment où il faut démarrer un grand nombre de moyens de production, et donc ceux qui coûtent le plus cher, ceux qui utilisent une énergie primaire chère comme le fuel ou le gaz. Ce problème se pose dès la création d'EdF.

Dès 1939, Pierre Massé alors ingénieur dans une société de production d'électricité des Pyrénées écrit l'article "Application des probabilités en chaîne à l'hydrologie statistique et au jeu des réservoirs". Cet article ne sera publié qu'à la fin de la guerre en 1944, voir à ce sujet l'article de Judy L. Klein "Rules of Action for War and Recursive Optimization : Massé's "Jeu des Réservoirs" and Arrow, Harris, and Marschak's "Optimal Inventory Policy"". Dès son arrivée à EdF Pierre Massé propose un algorithme pour résoudre ce problème de programmation dynamique. Il est à noter que ce problème est posé et résolu en avenir aléatoire. La méthode que l'on appellerait par la suite la "Programmation Dynamique" était née. Comme d'habitude à EdF, ce problème et sa méthode de résolution s'accompagnent d'une ou plusieurs "notes EdF", un de ces articles au moins se trouvait dans le fond de bibliothèque de l'université de Berkeley où il était consultable.

Mon arrivée dans le monde du travail s'est faite à l'été 1967 pour un stage de trois mois aux Études et Recherches d'EdF, puis dix huit mois dans la Royale suivi de mon retour à EdF. Aux Études et Recherches il y a un directeur qui chapeaute des services. Les deux services qui nous intéressent sont le service IMA, Informatique et Mathématiques appliquées, dirigé à l'époque par Paul Caseau, le père d'Yves, et le service ER, Études de Réseaux.

Le service IMA fait, entre autres, marcher les deux CDC, un CDC 6600 et un CDC 6400. Ces deux machines occupent deux grandes salles de plus de 500m² chacune. Dans l'une il y a les unités centrales, un meuble en croix de 3m de haut, les côtés de la croix faisant environ 2,5m sur 0,8m, pour le 6600, en T pour le 6400. La première de ces machines, le 6600 est arrivée au début de 1967. Il y a aussi dans cette salle les lecteurs de cartes perforées servis par deux techniciens, plus d'une dizaine de machines à perforer les cartes, des rangées de casiers où l'on reçoit les listings et un emplacement pour accéder à un tapis roulant sur lequel on dépose les "bacs rouges" contenant les cartes de nos programmes. La mémoire centrale, dans la croix pour le 6600, est à tores de ferrite. Chacune de ces machines possède 100K mots de 60 bits. Le CDC 6600 travaille à un mega hertz, le 6400 moitié moins vite ! C'est avec ce type de machine que la Nasa a envoyé des hommes sur la Lune en 1969. L'autre salle est consacrée aux lecteurs de disques et aux lecteurs de bandes magnétique ; plusieurs personnes s'occupent des montages et démontages des disques et des bandes ainsi que de leur rangement. Les utilisateurs payent le service IMA en fonction du temps utilisé. Pour fixer les idées, l'établissement de la *monotone de charge* annuelle, c'est à dire la liste des consommations horaires françaises classées par ordre de puissance décroissantes sur les 8760 heures d'une année, prend 5 minutes avant 1970, et est facturée 50000 francs à l'unité qui le demande, le service ER par exemple ; mon salaire de jeune ingénieur est à l'époque d'un peu moins de 3000 francs par mois. IMA assied sur un banc doré deux conseillers scientifiques spécialistes d'optimisation non-linéaire, Jean Abadie qui défend le "Gradient Conjugué" et Pierre Huard le chantre de la "Méthode des Centres".

Être ingénieur c'est avant tout résoudre des problèmes, ils ne sont pas tous pratiques, mais on doit fournir une solution. Au vu des performances des machines, la notion de

"complexité" est dans la tête des acteurs principaux, même si elle n'est pas formalisée. Lorsque j'arrive à EdF en 1967, j'en avais un peu poussé la porte, Joseph Pouget, le chef du département MO, Méthodes d'Optimisation, voulait pour des études sur les lacs un stagiaire ayant fait de l'informatique ce qui n'était pas mon cas, j'avais bien fait marcher un programme de "Tic tac to" sur une "Cab 500" lors d'une journée portes ouvertes de mon école, c'était mon seul titre de gloire en informatique. J'ai montré mon enthousiasme et j'ai été pris. Le bon Joseph le jour de mon arrivée m'a donné 6 cartes perforées : Une carte "Job" sur laquelle j'étais identifié, une carte "Run" qui permettait de compiler puis, si la compilation se passait bien, exécuter le programme, trois cartes 7,8,9 qui servaient de séparateur, et finalement une carte 6,7,8,9 qui clôt le paquet. Il m'a dit tu mets le programme entre les deux premières cartes 7,8,9, et les données entre les deux dernières, tu mets tout ça dans un bac rouge et tu dépose le bac sur le tapis roulant. Il a fait mettre mon nom sur un des casiers qui reçoivent les listings et m'a poussé dans la piscine au sens figuré et dans celle de Clamart, au moins les deux premiers jours, au sens propre. Il nous y emmenait tous les midis. Moins d'une semaine après j'avais programmé en Fortran mon premier algorithme de tri, pas celui de 1970, et quinze jours après j'inversais des matrices tout en me méfiant des problèmes d'arrondis.

Jean-Claude Dodu est ingénieur à Clamart depuis quelques années, il a développé plusieurs programmes résolvant des problèmes fondamentaux d'un système de production d'énergie électrique, en particulier, avec André Merlin ils ont écrit le modèle Mexico qui résout le problème du "Dispatching Économique" c'est à dire, étant donné une configuration du réseau de transport, quelle est la production la plus économique tout en satisfaisant les bornes sur les courants traversant les lignes. Ce problème se complique lorsque l'on peut changer le graphe de ce réseau ce qui est techniquement possible et se fait en dédoublant, ou regroupant, certains sommets voisins physiquement, et réaffectant les lignes à ces sommets. Ce problème de grande taille, quelques centaines de sommets et un millier de colonnes doit tenir sur les machines, ils ont écrit une méthode de relaxation des contraintes (de bornes), ce qui leur permet de le résoudre en quelques secondes; de plus la matrice principale très creuse est stockée sous la forme LU. Ce problème devient en nombres entiers lorsqu'on tient compte du changement de graphe et des contraintes de faisabilité des réseaux intermédiaires; il est toujours mal résolu pour les grands réseaux.

Jean-Claude, qui pour des raisons de santé quitte rarement Clamart, est l'âme scientifique du département MO; il a écrit une "note sur le simplexe", ce sera mon texte de chevet les premiers jours de mon retour à Clamart en 1969. Peu après ce retour on me propose d'écrire un programme pour affecter et réaffecter des transformateurs à des postes dans le but de réaliser une transition optimale des différents niveaux de moyenne tension à un niveau unique. C'est un des héritages des entreprises qui se sont fondues dans EdF. J'y vois un problème de programmation linéaire où les colonnes de la matrice des contraintes ont au plus deux éléments par colonnes; j'écris donc un programme qui va tenir compte de cette particularité, on n'aura pas de matrice inverse, mais on utilise la structure de (du graphe de) cette base pour obtenir

un programme dont la mise à jour de la base et les calculs afférents se font en temps linéaire en le nombre de lignes. C'est mon premier pas vers le monde universitaire, mon premier article, j'apprends grâce à mon premier contact avec l'équipe Berge, que, avec une méthode tout à fait différente de celle de Jewell, je viens de décrire un algorithme d'optimisation du flot dans les graphes avec multiplicateurs (gains en anglais), le flot se multiplie sur un arc; j'apprend aussi ce qu'est un graphe, et... je finis par me rendre compte que mon problème était un problème de flot, mais sans gain. Si j'avais connu la notion de flot, je ne sais pas si j'écrirais ce texte aujourd'hui! Je dois beaucoup à Jean-Claude Dodu, beaucoup ne le connaissent pas, mais même si son œuvre n'est pas connue, il a suscité de nombreuses vocations scientifiques, et c'est à juste titre qu'EdF après sa mort a donné son nom à un prix scientifique dans le domaine de l'optimisation et de la modélisation. Ce prix est décerné par la SMAI.

L'AF CET, Association Française pour la Cybernétique Économique et Technique est un acronyme qui fait penser à Tintin. Cybernétique, qui de nos jours utilise ce mot? Boris Vian peut-être, l'ami du professeur Marco (Schutzenberger). L'AF CET édite trois revues et est animée par plusieurs groupes dont un est particulièrement vivace: "le groupe combinatoire de l'AF CET". Parmi ses membres il y a des industriels, de la RATP dont Edith Heurgon, de la SNCF Michel Pla, de Thomson Jean Frehel, d'IBM, des militaires et d'EdF Michel Gondran et moi; il y a des universitaires de Paris 6, Pierre Faure et Catherine Roucairol, de Lille, Pierre Huard et Fioro et surtout de Grenoble avec Michel Sakarovitch, Jean-Pierre Uhri et François Jaeger. Ce groupe se réunit au moins deux fois par an lors d'une journée d'environ dix exposés. C'est là que j'ai connu mes amis grenoblois. Les militaires y parlent régulièrement d'installation de magasins dans le but de desservir un maximum de clientèle (hum!).

Début juillet 1972 j'assiste, à Cambridge, à mon premier congrès. Le thème en était "The Optimization of Large Scale Systems", William Orchard-Hays en était l'organisateur, j'y fais mon premier exposé. Un des exposés porte sur la partition des matrices, peu de temps auparavant j'avais lu une note de Joseph Pouget et Jean-Claude Dodu sur l'optimisation à court terme de l'outil de production, en particulier des vallées équipées d'usines hydrauliques. Mes bons amis avaient mis une condition qui interdisait à une réserve de déverser si elle n'était pas pleine. Cette condition rend ce problème absolument intractable. Dès mon retour de Cambridge je me suis rendu compte qu'en mélangeant mes techniques de résolution des problèmes de flot, et ces techniques de partitionnement de matrices, je pouvais résoudre ce problème. J'ai alors écrit des documents internes à EdF expliquant que, étant donné que les réserves sont équipées de vannes de fond, cette contrainte introduite par Joseph Pouget et Jean-Claude Dodu était inutile, supprimant la partie "nombres entiers" de ce problème qui devient alors purement linéaire.

Cependant le départ d'un de nos collègues "Ludo" fait que mon nouveau chef de division, André Merlin, me confie ses programmes, maintenance et développement. Ludo était réputé pour écrire des programmes particulièrement hermétiques et, comme chez beaucoup, sans commentaires. Ces problèmes concernaient la distribution en zone rurale. Les réseaux de distribution ruraux sont en arbre. on peut cependant changer d'arbre, il faut alors recalculer les transits. Je me

rends compte que l'on peut diminuer la complexité de cette phase par un facteur proportionnel à la taille de l'arbre. Merlin qui voit que le programme de Ludo est très concis ne croit pas que j'ai raison. Moins d'une semaine plus tard je lui montre que le programme équipé de cette modification est n fois plus rapide ; n est ici le nombre de sommets de cet arbre.

J'ai découvert les arbres, je souhaite leur imposer des contraintes comme par exemple que le nombre d'arêtes d'un chemin soit petit, je commence par essayer de décrire leur enveloppe convexe. C'est un problème qui m'a fait beaucoup travailler. Un lundi j'en parle à Michel Las Vergnas à la Maison des Sciences de l'Homme boulevard Raspail. Le séminaire informel de Claude Berge se réunit tous les lundis après midi dans cette fameuse MSH, lire Aimé Sacle comme l'auteur du *Que sais-je ? "La Théorie des Graphes"*. Michel m'explique que ce problème est résolu par Jack Edmonds dans le cadre général des matroïdes.

Paul Camion, que je côtoie déjà, va alors s'intéresser à mes travaux. J'étudie le TSP par la méthode de Dantzig et Wolfe et essaie d'imposer la parité de l'intersection d'un cycle et d'un cocycle. Je décris alors l'enveloppe convexe des parties de cardinal pair d'un ensemble fini et par un échange épistolaire avec Paul on va généraliser ce polyèdre deux fois. Paul me propose alors de soutenir une thèse de Docteur Ingénieur, et de ne surtout pas y mettre tous mes résultats et de réserver la partie combinatoire pour ma thèse d'État. Je soutiendrai en juin 1974 ma thèse de Docteur Ingénieur devant un jury présidé par Schutzenberger, et dont Ellis Johnson, l'ami de Jack Edmonds, est membre.

Je suis ingénieur à EdF ; dans la foulée je propose à André Merlin de résoudre le problème d'optimisation à court terme des moyens de production. Je propose d'utiliser les données du bassin "Durance Verdon", soit dix huit usines chaînées de Serre Ponçon à l'étang de Berre. La matrice des contraintes de ce programme comporte, en prenant 48 pas horaires, près de 4000 variables et 1000 contraintes. André me dit "tu n'y arriveras jamais", il connaît très bien nos CDC. Cependant il ne m'interdit pas de le faire, il va même mettre à ma disposition un thésard Brésilien "Jairo Machado" et un peu plus tard "Chantal Shaffrot", Professeur dans une université de Chapel Hill.

Cette année là, Bernard Roy organise à Versailles un congrès sur le thème "Combinatorial Programming, Methods and Applications" auquel je vais présenter mes, maigres, résultats sur le TSP. Un dimanche, à cette occasion, Ellis Johnson amènera Jack à la maison, à cette époque Jack a le look d'un teenager ! Un jour, lors de ce congrès, assis à coté de Manfred Padberg je lui parle de mon exposé. Assez fidèle à ses habitudes, je le connaissais déjà, il me dit "Jean-François, c'est pas intéressant, regarde ce que l'on fait avec Martin (Grötschel)". Il me montre la preuve que les cycles hamiltoniens sous-tendent la variété qui dit que en chaque sommet il y a deux arêtes. Leur preuve de 36 pages est longue et fastidieuse. Je comprends immédiatement que je peux démontrer ce résultat en moins d'une demi page. Je le démontrerai et le généraliserai quelques jours plus tard, c'est ce qui paraîtra dans les comptes rendus de ce congrès. Ça me vaudra une invitation de Jack pour 15 jours en novembre

à Waterloo. J'ai écrit le cœur du programme d'optimisation des moyens de production en août, j'écris l'article pour Bernard Roy dès la fin du congrès ; en partant à Waterloo, je laisse à Chantal et Jairo la mise au point de mon programme, ils resteront souvent perplexes avec des commentaires du type "ici jeu subtil d'indices" surtout lorsque ce jeu n'était pas écrit.

Paul Camion me presse pour rédiger ma thèse d'État, on continue la mise au point du programme, fin janvier 1975 il "tourne" pour la première fois sur nos CDC. Je retourne voir André Merlin qui me dit alors "on va le vendre aux exploitants". Il faut terminer la mise au point, traiter de façon satisfaisante les erreurs d'arrondis, ça va prendre un an. Un exemple de problème qui nous a pris un mois : une erreur de la machine. Le programme passe indépendamment de ma volonté sur le 6400 ou le 6600. Un jour je relance le même programme et il s'arrête bien avant la fin sur erreur. Je me rends compte qu'il ne s'agit pas de la même machine. Je ne peux pas me satisfaire du fait que le résultat dépende de la machine. Je vais voir l'assistance programmation, en effet une division d'IMA était chargée de l'assistance programmation, environ 6 personnes. Ils me renvoient à mon bureau en me disant : isolez l'erreur et nous vous croiront. Même si le traitement de "l'inverse de base" permettait aux calculs d'être très rapides, ce programme vu sa durée d'exécution, plus d'un quart d'heure et je demandais 30 minutes, ne passait que la nuit ce qui me donnait un passage par jour. Il fallait faire des programmes de vérification des calculs et de présentation de leurs résultats, qu'il a fallu mettre au point eux aussi... Au bout de trois semaines je suis arrivé à convaincre les gens de l'assistance que l'erreur ne venait sans doute pas de moi, j'ai pu avoir une priorité absolue, c'est à dire que malgré le temps demandé mes programmes passaient de jour et souvent sur les deux machines. Une semaine après on a vu que le problème venait de l'addition de deux nombres particuliers dont le résultat aurait dû faire zéro à epsilon près et qui faisait un à epsilon près toujours.

L'assistance programmation a alors écrit un programme de trois lignes additionnant les deux nombres correspondant et se terminant sur le mauvais résultat et l'a donné à l'équipe de maintenance, les cinq permanents de CDC. Le dimanche suivant lors de la maintenance hebdomadaire, ils ont coupé cinq millimètres à un des fils reliant la mémoire au registre, disons le 2, et la coupure stroboscopique s'est alors faite une fois que le mot entier était entré dans le registre, l'erreur était corrigée...

Je m'étais rapproché des grenoblois qui m'invitaient souvent ; à cette époque Jean-Pierre Uhrig a fait travailler Nagiba Sbihi et Abdellah Ben Rebea sur le sujet des graphes *Presque Bipartis*, il sont bipartis lorsqu'on leur enlève un sommet quelconque, que j'avais découverts en étudiant l'enveloppe convexe des arêtes d'un graphe. Il les a renommés *Quasi adjoints* en raison de leur propriété de former une classe intermédiaire entre les graphes *Adjoints*, les *Line graphs* d'un graphe, et les graphes sans K_1^3 comme sous graphe induit. Lors de mes visites nous discutons souvent avec Jean-Pierre de ses travaux sur les graphes de spin et leurs problèmes d'états liés aux couplages dans un graphe. Il était notamment sujet de trempe des métaux, du processus de purification des monocristaux, de silicium en particulier.

C'est lors de ces discussions qu'il a abordé le sujet du *Recuit simulé* comme une imitation des procédés de la métallurgie. Il faut reconnaître que ces techniques lui ont très bien réussi avec les succès d'Alma, l'entreprise qu'il a créée, et son logiciel de découpe utilisé dans le monde entier.

Je voudrais à cette occasion faire un plaidoyer pour la recherche :

- Tout d'abord George Minty l'auteur du fameux *Lemme des arcs colorés*, à la fois abstraction de la dualité et outil très utile dans les problèmes d'optimisation des flots et tensions sur un graphe. George Minty est, je crois, électricien, lorsqu'il découvre les algorithmes (polynomiaux) d'Edmonds sur les couplages maximums et de poids maximum sur un graphe. Les graphes sans K_1^3 étant une généralisation des graphes adjoints, il pense pouvoir généraliser l'algorithme d'Edmonds aux problèmes d'optimisation des stables dans les graphes sans K_1^3 , et, il va y arriver au bout de 12 ans de travail. Il a passé 12 ans de sa vie à essayer de résoudre un problème difficile, une vraie question ! Il a passé 12 ans sans rien publier, quel mauvais chercheur, presque aussi mauvais qu'Évariste Gallois ! Il a eu un double malheur car en étudiant les graphes quasi adjoints les grenoblois ont trouvé un chemin plus simple pour arriver à son résultat, et simultanément. Cette histoire a un côté encore plus tragique, Abdallah Ben Rebea est mort juste après avoir soutenu sa thèse. Il a fallu plus de vingt ans pour que l'enveloppe convexe des stables dans les graphes quasi adjoints trouve une description définitive.

- La conjecture forte des graphes parfaits de Berge et Gilmore dit que l'enveloppe convexe des stables d'un graphe parfait est donnée par les cliques maximums et les cycles et anticycles impairs, elle dit même plus car c'est une condition nécessaire et suffisante. Lovasz prouve la conjecture faible vers 1972 ; trent années plus tard, en 2002, Maria Chudnovski et Paul Seymour montrent à leur tour qu'un graphe ne contenant ni cycle impair ni anti-cycle impair comme sous-graphe induit ne pouvait pas contenir de *T-joint*. Mes amis grenoblois, Jean Fonlupt les a rejoint à la fin des années 70, et en y incluant les chercheurs invités, Gérard Cornuéjols et Vašek Chvátal, y ont énormément contribué, en particulier Vašek a introduit la notion de *T-joint* et a montré que si un graphe est parfait il ne contient pas de *T-joint* ; c'est ce qu'ont montré Chudnovski et Seymour. Une fois de plus, les avancées partielles ont finalement abouti au résultat final, mais sans trop de reconnaissance pour les résultats intermédiaires. Dans cette recherche des graphes parfaits je n'oublie pas Henri Meyniel.

- J'ai déjà présenté, pour ceux qui ne le connaissent pas, Jean-Pierre Uhri. Il maîtrisait les outils, programmation linéaire, algorithmes de couplage dans les graphes, recuit simulé, il s'intéressait au problème de découpe optimale sur une bande, il l'a résolu **pratiquement**. Il a mis plus de trois ans pour avoir un logiciel efficace, Il a fait de la recherche appliquée, réellement appliquée, comme nous avons fait à EdF avec un seul client. À mes yeux c'est un vrai travail de recherche, l'efficacité a (souvent) besoin de long terme.

- À EdF le problème de la gestion optimale à court terme des moyens de production a été posé dès la fin des années 60, j'en ai eu connaissance en 1971, malgré l'opposition, puis l'enthousiasme d'André Merlin, le code a vu le jour et a été utilisé quotidiennement dès l'année 1979. Cependant pour que cette gestion puisse se faire, il a fallu qu'à la construction du barrage de Serre Ponçon, ses concepteurs prévoient de relier les, au moins 14, petits bassins en aval par des canaux à berges horizontales, lorsqu'on arrête de turbiner en amont comme en aval, l'eau reste dans le canal. Il a fallu de plus que dans les années 70 les gestionnaires équipent les usines de systèmes de commande permettant de démarrer simultanément les turbines des usines amont et aval, il a même fallu changer la valorisation des personnels qui recevaient une prime proportionnelle au nombre de Mw fournis, ce qui les incitait à turbiner au rendement optimal de l'usine, alors que le coût marginal d'une usine thermique dont la chaudière est chauffée au fuel est près de deux fois supérieur à celui d'une usine dont la chaudière est nucléaire. La partie informatique de ce projet a pris environ huit ans, nombre des éléments qui ont permis son succès ont été conçus bien avant.

Je pourrais multiplier les exemples. On m'a souvent reproché de n'aimer que la recherche théorique, j'ai déposé quatre brevets dont un que j'ai suivi jusqu'à l'industrialisation, j'aime la recherche appliquée ; Edmonds à qui on a reproché d'avoir appelé *bons* les algorithmes appelés aujourd'hui polynomiaux dit *le meilleur algorithme est toujours bon* ! Pour moi une recherche appliquée qui conduit à un algorithme utilisé est bonne, en revanche si elle ne conduit qu'à un article dans une revue où un exposé dans un congrès... Dans les années 70 on se moquait des américains et de leur "Publish or Perish", croire qu'en trois ans on peut aboutir à un travail fondamental n'est pas irréaliste, Évariste Gallois le fait en une nuit, au moins pour la rédaction, mais cette contrainte *publier* me semble, pour les chercheurs normaux, incompatible avec des résultats profonds.

Je terminerai en revenant sur EdF et ses dirigeants, Pierre Massé, Marcel Boiteux et Jean Bergougnoux, ce dernier que j'ai bien connu comme chef de division et chef de département ; tous trois étaient économistes au sens noble du terme ; on peut consulter à cet effet la préface par Marcel Boiteux de l'ouvrage "Énergie, Economie et Politiques" de Jean-Pierre Hansen et Jacques Percebois, ou l'entretien avec Jean Bergougnoux par Anne Marchais-Roubelat sur les "Services Publics en Réseaux" paru dans la revue Flux d'août-septembre 2000. Les discussions avec Jean Bergougnoux portaient souvent sur des questions d'économie, souvent sur les problèmes de tarification qui n'étaient pas de notre domaine d'activité aux Études et Recherche d'EdF. Jean Bergougnoux ne m'a jamais reproché de faire de la recherche théorique, je crois même qu'au contraire il la considérait comme utile à nos travaux.

Épilogue Au moment où, avec Anna Robert et Sourour El-loumi, nous finalisons ce texte j'apprends la disparition d'Éric Jacquet-Lagrèze que je connaissais depuis plus de 30 ans. Je me souviens de notre dernière rencontre dans les locaux de l'ENSTA (ancienne école du Génie Maritime) lors d'une rencontre Math-Industrie "Voile et Innovation Mathématique" parrainée par Michel Desjoyeaux. À cette occasion nous avons découvert que nous avons une passion commune

en plus de celle de la RO, le bateau à voiles. Nous avons tous les deux un bateau relativement grand sur lequel nous faisons de longues croisières ; de plus la revue "Le Yacht" à la charnière des années 40 et 50 avait fait paraître la relation d'une croisière de son père du côté de l'île d'Elbe, de même que, comme dans ces mêmes années elle avait publié les plans du dernier bateau de mon père, bateau qu'il avait dessiné et construit lui-même...

Jean-François Maurras

Bornes supérieures de la force et borne inférieure de la somme chromatique d'un graphe

par Clément Lecat, Corinne Lucet et Chu-Min Li Laboratoire de Modélisation, Information et Système EA 4290, Université de Picardie Jules Verne, Amiens, France

1 Introduction

Le Problème de la Somme Coloration Minimum (*MSCP*) d'un graphe est un problème d'optimisation combinatoire *NP*-difficile [14]. L'objectif de *MSCP* est de déterminer une coloration valide des sommets d'un graphe $G=(V, E)$ telle que la somme des poids soit minimale. La somme associée à une coloration optimale de *MSCP* est appelée la somme chromatique d'un graphe, notée $\Sigma(G)$. Le nombre minimal de couleurs nécessaire à l'obtention d'une solution optimale pour *MSCP* est appelé la force d'un graphe, notée $s(G)$. L'impact de *MSCP* n'est pas uniquement théorique. En effet, *MSCP* a des applications dans différents domaines tels que la conception de circuits intégrés (VLSI), la planification, l'allocation de ressources distribuées, la gestion de flux (population, réseau, transport, ...) [1, 19].

Différentes méthodes de résolution de *MSCP* ont été proposées dans la littérature. Ces dernières peuvent se diviser en deux catégories, les méthodes exactes basées sur des approches de type Branch-and-Bound [15], MaxSAT/MinSAT [15], CSP [20, 21] et les méthodes approchées basées sur des méta-heuristiques et des heuristiques [3, 11, 18, 22, 23].

Cependant, du fait de la complexité de l'espace de recherche de *MSCP*, seuls de petits graphes sont résolus de manière exacte. Effectuer un pré-traitement sur le graphe afin d'en extraire un ensemble de données est donc une étape majeure pour réduire significativement la taille de l'espace de recherche. Dans cette optique, différents travaux [2, 7, 9, 13, 14, 19, 24] ont permis d'extraire des bornes théoriques pour des familles de graphes spécifiques ainsi que pour la force du graphe.

À travers cet article, nous présentons les travaux que nous avons réalisés sur la borne supérieure de $s(G)$ et la borne inférieure de $\Sigma(G)$. Ces derniers se basent sur la notion de motifs introduite dans [4, 5] pour la résolution de *MSCP* pour des graphes de type P_4 -sparse. Nous avons étendu ces travaux dans [16, 17], afin d'établir un ensemble

de propriétés permettant l'élaboration d'une borne supérieure algébrique (UB_A) et algorithmique (UB_S) pour $s(G)$, et d'une borne inférieure algébrique ($LBM\Sigma$) pour $\Sigma(G)$.

2 Définitions

Soit $G = (V, E)$ un graphe non orienté, où V représente l'ensemble des sommets ($|V| = n$) et $E \subseteq V^2$ l'ensemble des arêtes de G . L'ensemble des sommets adjacents (voisins) de $v \in V$ est $\mathcal{N}(v) = \{u \mid (u, v) \in E\}$. Le degré $d(v)$ est le nombre de voisins de v i.e. $|\mathcal{N}(v)|$. Le degré d'un graphe G , noté $\Delta(G)$, est $\max\{d(v) \mid v \in V\}$.

Une clique C est un sous-ensemble de V tel que $\forall u, v \in C, (u, v) \in E$. Le problème de la clique maximum d'un graphe consiste à rechercher une clique dans G dont la cardinalité est maximale.

Un stable S est un sous-ensemble de V tel que $\forall u, v \in S, (u, v) \notin E$. Le problème de stable maximum d'un graphe G consiste à rechercher un stable dans G dont la cardinalité est maximale.

Le graphe complémentaire \overline{G} de G est défini comme suit : $\overline{G} = (V, \overline{E})$, où $\overline{E} = V^2 \setminus E$. Nous remarquons qu'une clique de G est un stable dans \overline{G} et vice versa.

Une coloration d'un graphe G avec k couleurs (k -coloration) est une fonction $c : V \mapsto \{1, 2, \dots, k\}$ qui assigne à chaque sommet $v \in V$ une couleur $c(v)$. Une coloration est dite valide si $\forall (u, v) \in E, c(u) \neq c(v)$. Une k -coloration valide est représentée comme suit : $X = \{X_1, X_2, \dots, X_k\}$, où $X_i = \{v \in V \mid c(v) = i\}$ est une *classe couleur*. Nous remarquons qu'une classe couleur est un stable de G .

Le nombre minimal de couleurs nécessaire à l'obtention d'une coloration valide d'un graphe G est appelé le *nombre chromatique* de G , noté $\chi(G)$. La recherche du nombre chromatique d'un graphe est un problème *NP*-difficile [12].

Pour *MSCP*, un poids $w_i = i$ est associé à chaque couleur i . La somme coloration d'une coloration X , notée $\Sigma(X)$, est définie par l'Équation 1.

$$\Sigma(X) = 1 \times |X_1| + 2 \times |X_2| + \dots + k \times |X_k| \quad (1)$$

Exemple 1 Considérons le graphe G de la Figure 1. $X = \{\{a, e\}_1, \{b\}_2, \{c, d, f\}_3\}$ est une coloration valide de G telle que les sommets a et e sont colorés avec la couleur 1, le sommet b avec la couleur 2 et les sommets c, d et f avec la couleur 3. La somme coloration associée est $\Sigma(X) = 1 \times 2 + 2 \times 1 + 3 \times 3 = 13$.

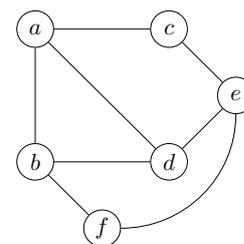


FIGURE 1 – Graphe simple.

L'objectif de *MSCP* est de déterminer une coloration valide X telle que $\Sigma(G) = \min\{\Sigma(X) \mid X \text{ est une coloration valide de } G\}$.

2.1 Coloration Majeure

Une classe couleur X_i étant un stable, il est possible de permuter deux classes couleurs X_i et X_j d'une coloration X sans en affecter la validité. Ainsi, l'ensemble des permutations des classes couleurs d'une coloration X forme une classe d'équivalence notée $\Psi(X)$. Deux colorations de $\Psi(X)$ sont dites symétriques. Cependant, si l'ensemble des colorations symétriques ont un nombre de couleurs identique, il n'en est pas de même pour la somme coloration. En effet, pour le graphe G de la Figure 1, la somme coloration de $\{\{a, e\}_1, \{b\}_2, \{c, d, f\}_3\}$ est égale à 13 alors que la somme coloration de $\{\{a, e\}_1, \{c, d, f\}_2, \{b\}_3\}$ est égale à 11. L'objectif de *MSCP* étant de minimiser la somme des poids, il est donc possible de ne considérer que la coloration ayant la plus petite somme coloration de $\Psi(X)$. Une telle coloration est appelée *coloration majeure* et se définit comme suit :

Définition 1 Une coloration majeure, notée X^m , est une coloration $X^m = \{X_1, X_2, \dots, X_k\}$ telle que $|X_1| \geq |X_2| \geq \dots \geq |X_k|$.

Exemple 2 Sur la Figure 1, la coloration $X = \{\{c, d, f\}_1, \{a, e\}_2, \{b\}_3\}$ est une coloration majeure. $\Sigma(X^m) = 10$.

La propriété suivante est une conséquence directe de la Définition 1.

Propriété 1 Soit $\Psi(X)$ un ensemble de colorations symétriques d'une coloration X et X^m une coloration majeure de $\Psi(X)$, alors $\forall X' \in \Psi(X)$, $\Sigma(X^m) \leq \Sigma(X')$.

2.2 Motifs

À toute coloration majeure X de cardinalité k , il est possible d'associer une séquence décroissante p d'entiers positifs, telle que $p = (|X_1|, |X_2|, \dots, |X_k|)$. Une telle séquence est appelée *motif* de X . Le $i^{ème}$ entier de p est noté $p[i]$. Sa valeur est le nombre de sommets de la classe $X_i : p[i] = |X_i|$. La longueur de p est le nombre de couleurs utilisées par X , notée $|p|$ ($|p| = k$). La somme coloration associée à un motif est définie par l'Équation 2.

$$\Sigma(X) = \Sigma(p) = 1 \times p[1] + 2 \times p[2] + \dots + k \times p[k] \quad (2)$$

Exemple 3 Le motif correspondant à $X = \{\{c, d, f\}_1, \{a, e\}_2, \{b\}_3\}$ est $p = (3, 2, 1)$, avec $p[1] = 3$, $p[2] = 2$ et $p[3] = 1$. $\Sigma(X) = \Sigma(p) = 10$.

Nous remarquons qu'un motif peut être associé à plusieurs colorations majeures. En effet, le motif correspondant aux colorations majeures $\{\{c, d, f\}_1, \{b, e\}_2, \{a\}_3\}$ et $\{\{a, e, f\}_1, \{b, c\}_2, \{e\}_3\}$ de la Figure 1 est $p = (3, 2, 1)$. Ainsi, la considération de l'ensemble des motifs permet une réduction de l'espace de recherche de *MSCP*.

Pour un graphe $G = (V, E)$ tel que $|V| = n$, $\phi(n)$ représente l'ensemble de tous les motifs et $\phi(n, k)$ représente l'ensemble des motifs tels que $|p| = k$. Les ensembles $\phi(n, k)$ dans $\phi(n)$ sont triés par ordre croissant de k , alors que les motifs dans $\phi(n, k)$ sont triés par ordre lexicographique décroissant (Définition 2) :

Définition 2 Soit p_k et q_k deux motifs de $\phi(n, k)$. p_k précède lexicographiquement (ou est plus grand que) q_k ssi $p_k[1] > q_k[1]$ ou $\exists t > 0$ tel que $p_k[x] = q_k[x]$ pour tout $x < t$ et $p_k[t] > q_k[t]$.

L'ordre lexicographique décroissant permet d'assigner un index i à chaque motif de $\phi(n, k) : p_k^i$ est le $i^{ème}$ motif de $\phi(n, k)$ dans l'ordre lexicographique décroissant. La Table 1 présente l'ensemble des motifs de $\phi(8)$ ainsi que leur somme coloration.

La relation de dominance, notée \succeq , entre les motifs de $\phi(n)$ est introduite par Bonomo et Valencia-Pabon [4, 5] pour calculer la somme chromatique pour un sous-ensemble de la famille des graphes P_4 -sparses et pour extraire une borne supérieure de la somme chromatique pour l'ensemble des graphes P_4 -sparses. Cependant, il est nécessaire d'adapter leur définition de dominance pour notre approche.

$\phi(n,k)$	$p \in \phi(n,k)$	$\Sigma(p)$
$\phi(8,1)$	(8)	8
$\phi(8,2)$	(7,1)	9
	(6,2)	10
	(5,3)	11
	(4,4)	12
$\phi(8,3)$	(6,1,1)	11
	(5,2,1)	12
	(4,3,1)	13
	(4,2,2)	14
$\phi(8,4)$	(3,3,2)	15
	(5,1,1,1)	14
	(4,2,1,1)	15
	(3,3,1,1)	16
$\phi(8,5)$	(3,2,2,1)	17
	(2,2,2,2)	20
	(4,1,1,1,1)	18
$\phi(8,6)$	(3,2,1,1,1)	19
	(2,2,2,1,1)	21
$\phi(8,7)$	(3,1,1,1,1,1)	23
	(2,2,1,1,1,1)	24
$\phi(8,8)$	(2,1,1,1,1,1,1)	29
$\phi(8,8)$	(1,1,1,1,1,1,1,1)	36

TABLE 1 – $\phi(8)$

Définition 3 Soit p et q deux motifs de $\phi(n)$. p domine q , noté $p \succeq q$, ssi $\forall t$ tel que $1 \leq t \leq \min\{|p|, |q|\}$, $\sum_{x=1}^t p[x] \geq \sum_{x=1}^t q[x]$.

Exemple 4 Soit p et q deux motifs, tels que $p = (5, 2, 1)$ et $q = (4, 3, 1)$.

Pour $t = 1 : 5 > 4$;

Pour $t = 2 : 5 + 2 \geq 4 + 3$;

Pour $t = 3 : 5 + 2 + 1 \geq 4 + 3 + 1$.

Donc $p \succeq q$.

Nous remarquons que la relation de dominance est un ordre partiel. En effet, les motifs $(3, 1, 1, 1, 1, 1)$ et $(2, 2, 2, 2)$ ne sont pas comparables.

La relation de dominance est intéressante pour *MSCP* car elle a une conséquence directe sur la somme coloration, comme l'indique la Propriété 2.

Propriété 2 Soit un graphe G , p et q deux motifs associés aux colorations valides X et X' de G . Si $p \succeq q$, alors $\Sigma(X) \leq \Sigma(X')$.

3 Bornes

3.1 Bornes supérieures pour $s(G)$

La notion de motifs, nous a permis d'établir et de prouver un ensemble de propriétés dans [16, 17], afin de déterminer une borne supérieure algébrique pour $s(G)$.

Propriété 3 Soit $G = (V, E)$, tel que $|V| = n$, et un entier $k \leq n$. Le motif $p_k^1 = (n - k + 1, 1, 1, \dots, 1)$ domine tout motif de $\phi(n, k)$.

Propriété 4 Soit $G = (V, E)$ avec $|V| = n$, k et k' deux entiers tels que $1 \leq k < k' \leq n$. Le motif $p_k^1 = (n - k + 1, 1, 1, \dots, 1)$ domine $p_{k'}^1 = (n - k' + 1, 1, 1, \dots, 1)$.

Les Propriétés 3 et 4 impliquent que le motif p_k^1 domine l'ensemble des motifs lui succédant dans $\phi(n)$. Donc $\forall q \in \phi(n)$ tel que $|q| \geq k$, $\Sigma(p_k^1) \leq \Sigma(q)$. Ainsi, dans [16], nous avons pu déterminer une borne algébrique pour la force à partir d'une coloration valide X de G définie par l'Équation 3.

$$s(G) \leq UB_A = \max\left(\left\lfloor \frac{1 + \sqrt{1 + 8 \times (\Sigma(X) - n)}}{2} \right\rfloor - 1, |X|\right) \quad (3)$$

Les résultats, présentés dans [16], montrent que notre borne algébrique est compétitive face à la borne proposée par Hajiabolhassan et al. [7]. Cependant, cette approche ne prend pas en considération les informations structurelles de G . Ainsi, nous avons proposé une méthode algorithmique UB_S basée sur le stable maximum de G et la notion de motif majeur définie comme suit :

Définition 4 Soit λ et β deux entiers tels que $\lfloor \frac{n}{k} \rfloor \leq \lambda \leq n - k + 1$ et $\beta = \lfloor \frac{n-k}{\lambda-1} \rfloor$. Un motif majeur de $\phi(n, k)$ est un motif p_k^i avec les propriétés structurelles suivantes :

1. $p_k^i[x] = \lambda$, si $1 \leq x \leq \beta$;
2. $p_k^i[x] = n - \beta \times \lambda - (k - \beta - 1)$, si $x = \beta + 1$;
3. $p_k^i[x] = 1$, si $\beta + 1 < x \leq k$.

Exemple 5 Soit $\phi(8)$, les motifs majeurs de $\phi(8, 4)$ sont $(5, 1, 1, 1)$, $(4, 2, 1, 1)$, $(3, 3, 1, 1)$, $(2, 2, 2, 2)$. Pour le motif $(4, 2, 1, 1)$, $\lambda = 4$, $\beta = 1$ et pour le motif $(3, 3, 1, 1)$, $\lambda = 3$, $\beta = 2$.

Les spécificités structurelles des motifs majeurs nous ont permis dans [16] d'établir les propriétés suivantes :

Propriété 5 Si p et q sont deux motifs de $\phi(n, k)$ tels que p est majeur et $p[1] = q[1]$ alors $p \succeq q$.

Propriété 6 Soit p et q deux motifs majeurs de $\phi(n, k)$. Si $p[1] > q[1]$, alors $p \succeq q$.

Les motifs de $\phi(n, k)$ sont triés dans l'ordre lexicographique décroissant. Donc, la Propriété 5 et la Propriété 6 ont pour conséquence qu'un motif majeur de $\phi(n, k)$ domine tout motif lui succédant dans $\phi(n, k)$ (Propriété 7). La somme coloration associée à un motif majeur p_k^i , tel que $p_k^i[1] = \alpha(G)$, est donc minimale dans $\phi(n, k)$ pour G .

Propriété 7 Soit $p_k^i \in \phi(n, k)$ un motif majeur et $p_k^j \in \phi(n, k)$ un motif tel que $j > i$. Alors, $p_k^i \succeq p_k^j$.

La Propriété 8 introduit la relation de dominance entre un motif majeur et tout motif de $\phi(n)$.

Propriété 8 Soit k et k' deux entiers tels que $k < k'$ et $\mathcal{U}_{k'} = \bigcup_{y=k'}^n \{\phi(n, y)\}$. Si p_k^i est un motif majeur alors $\forall q \in \mathcal{U}_{k'}$ tel que $q[1] \leq p_k^i[1]$, $p_k^i \succeq q$.

Étant donné une coloration X d'un graphe G , il suffit de déterminer le plus petit k pour lequel il existe un motif majeur p_k^i , avec $p_k^i[1] = \alpha(G)$, et tel que $\Sigma(X) < \Sigma(p_k^i)$. En effet, d'après la Propriété 8, $\forall q \in \phi(n)$, tel que $q[1] < p_k^i[1]$ et $|q| \geq k$, $p_k^i \succeq q$. Ainsi, rien ne sert de considérer plus de $k - 1$ couleurs, aucune coloration avec une somme inférieure ne pourra être trouvée dans cette partie de l'ensemble des solutions. Nous remarquons que dans le cas où l'obtention de $\alpha(G)$ n'est pas immédiate, l'utilisation d'une borne supérieure de ce dernier est suffisante. La méthode permettant de calculer la borne supérieure UB_S est décrite par l'Algorithme 1.

Algorithme 1 : $UB_S(n, \alpha^*, X)$

Entrées : n le nombre de sommets d'un graphe G , α^* la cardinalité (ou une borne supérieure) du stable maximum de G et X une coloration valide de G

Sorties : Une borne supérieure de $s(G)$

```

1 début
2    $SUM \leftarrow 0$  ;
3    $k \leftarrow |X|$  ; /*initialise  $k$  */
4    $\lambda \leftarrow \alpha^*$  ;
5   tant que  $SUM \leq \Sigma(X)$  faire
6      $k \leftarrow k + 1$  ;
7     si  $\lambda > n - k + 1$  alors
8        $\lambda \leftarrow n - k + 1$  ;
9        $p \leftarrow \text{constructMajorMotif}(\lambda, k)$  ;
10       $SUM \leftarrow \text{computeSumColoring}(p)$  ;
11  retourner  $k - 1$  ;

```

La complexité de l'Algorithme 1 est en $O(n^2)$. En effet, la fonction $\text{constructMajorMotif}(\lambda, k)$ construit un motif majeur $p \in \phi(n, k)$, tel que $p[1] = \lambda$, comme précisé dans la Définition 4. La fonction $\text{computeSumColoring}(p)$ calcule la somme coloration associée au motif p (Équation 2). La complexité de ces deux fonctions est donc en $O(k)$.

Les résultats expérimentaux publiés dans [16] ont montré que notre approche améliore considérablement la borne supérieure de la force d'un graphe. Permettant de diviser en moyenne par 2 le nombre de couleurs initialement considéré.

3.2 Borne inférieure pour la somme chromatique

Nos travaux réalisés sur les motifs ont permis dans [17] d'en déduire une borne inférieure pour la somme chromatique appelée $LBM\Sigma$. En effet, d'après la Propriété 8, un motif majeur p_k^i domine les motifs q lui succédant dans $\phi(n)$ tel que $q[1] \leq p_k^i[1]$. La somme coloration associée au motif p_k^i tel que $p_k^i[1] = \alpha(G)$ (ou une borne supérieure de $\alpha(G)$) et $|p_k^i| = \chi(G)$ (ou une borne inférieure de $\chi(G)$) est minimale

dans $\phi(n)$ pour G . Par conséquent $\Sigma(p_k^i)$ est une borne inférieure de $\Sigma(G)$. En considérant la Définition 4, nous avons pu en déduire $LBM\Sigma$ représentée par l'Équation 4.

$$LBM\Sigma = \alpha(G) \times \frac{\beta \times (\beta + 1)}{2} + (n - \beta \times \alpha(G) - (k - \beta - 1)) \times (\beta + 1) + \sum_{j=\beta+2}^k j \quad (4)$$

Les résultats expérimentaux détaillés dans [17] ont montré que notre borne algébrique est complémentaire avec les meilleures méthodes existantes basées sur le partitionnement du graphe en cliques [10, 22, 25]. $LBM\Sigma$ a permis de fermer 4 instances des benchmarks COLOR [8] et DIMACS [6].

4 Conclusions

La considération des motifs nous a permis de proposer de nouvelles bornes supérieures algébrique et algorithmique, pour la force d'un graphe. Les résultats ont montré que notre approche algorithmique améliore significativement la borne supérieure de la force face à celle proposée par Hajiabolhassan et al. Une extension de ces travaux a également mis en avant le fait que notre approche est adaptable dans la déduction d'une borne inférieure algébrique pour la somme chromatique du graphe.

Une des perspectives envisagées pour ces travaux est d'intégrer de nouvelles propriétés afin d'affiner les résultats de UB_S et d'introduire ces propriétés dans nos solveurs de résolution de $MSCP$.

Références

- [1] Amotz Bar-Noy, Mihir Bellare, Magnús M Halldórsson, Hadas Shachnai, and Tami Tamir. On chromatic sums and distributed resource allocation. *Information and Computation*, 140(2) :183–202, 1998.
- [2] Amotz Bar-Noy and Guy Kortsarz. Minimum color sum of bipartite graphs. *Journal of Algorithms*, 28(2) :339–365, 1998.
- [3] Una Benlic and Jin-Kao Hao. A study of breakout local search for the minimum sum coloring problem. pages 128–137, 2012.
- [4] Flavia Bonomo and Mario Valencia-Pabon. Minimum sum coloring of P_4 -sparse graphs. *Electronic Notes in Discrete Mathematics*, 35 :293–298, 2009.
- [5] Flavia Bonomo and Mario Valencia-Pabon. On the minimum sum coloring of P_4 -sparse graphs. *Graphs and Combinatorics*, 30(2) :303–314, 2014.
- [6] <ftp://dimacs.rutgers.edu/pub/challenge/graph/benchmarks/color/>.
- [7] Hossein Hajiabolhassan, Mojtaba L Mehrabadi, and Ruzbeh Tusserkani. Minimal coloring and strength of graphs. *Discrete Mathematics*, 215(1) :265–270, 2000.
- [8] <http://mat.gsia.cmu.edu/COLOR/instances.html>.
- [9] Klaus Jansen. The optimum cost chromatic partition problem. pages 25–36, 1997.
- [10] Yan Jin and Jin-Kao Hao. Hybrid evolutionary search for the minimum sum coloring problem of graphs. *Information Sciences*, 352 :15–34, 2016.
- [11] Yan Jin, Jin-Kao Hao, and Jean-Philippe Hamiez. A memetic algorithm for the minimum sum coloring problem. *Computers & Operations Research*, 43 :318–327, 2014.
- [12] Richard M Karp. Reducibility among combinatorial problems. pages 85–103, 1972.
- [13] Leo G Kroon, Arunabha Sen, Haiyong Deng, and Asim Roy. The optimal cost chromatic partition problem for trees and interval graphs. pages 279–292, 1996.
- [14] Ewa Kubicka and Allen J Schwenk. An introduction to chromatic sums. pages 39–45, 1989.
- [15] Clément Lecat, Chu-Min Li, Corinne Lucet, and Yu Li. Exact methods for the minimum sum coloring problem. pages 61–69, 2015.
- [16] Clément Lecat, Corinne Lucet, and Chu-Min Li. Sum coloring : New upper bounds for the chromatic strength. *arXiv preprint arXiv :1609.02726*, 2016.
- [17] Clément Lecat, Corinne Lucet, and Chu-Min Li. New lower bound for the minimum sum coloring problem. 2017.
- [18] Yu Li, Corinne Lucet, Aziz Moukrim, and Kaoutar Sghiouer. Greedy algorithms for the minimum sum coloring problem. pages LT–027, 2009.
- [19] Michal Malafiejski. *Sum coloring of graphs*, chapter 4, pages 55–66. Graph Coloring. 2004.
- [20] Maël Minot, Samba Ndojh Ndiaye, and Christine Solnon. Using cp and ilp with tree decomposition to solve the sum colouring problem. 2016.
- [21] Maël Minot, Samba Ndojh Ndiaye, and Christine Solnon. Combining cp and ilp in a tree decomposition of bounded height for the sum colouring problem. 2017.
- [22] Aziz Moukrim, Kaoutar Sghiouer, Corinne Lucet, and Yu Li. Lower bounds for the minimal sum coloring problem. *Electronic Notes in Discrete Mathematics*, 36 :663–670, 2010.
- [23] Kaoutar Sghiouer, Li Yu, Corinne Lucet, and Aziz Moukrim. A memetic algorithm for the minimum sum coloring problem. 2010.
- [24] Carsten Thomassen, Paul Erdős, Yousef Alavi, Paresh J Malde, and Allen J Schwenk. Tight bounds on the chromatic sum of a connected graph. *Journal of Graph Theory*, 13(3) :353–357, 1989.
- [25] Qinghua Wu and Jin-Kao Hao. Improved lower bounds for sum coloring via clique decomposition. *arXiv preprint arXiv :1303.6761*, 2013.



Vie du GdR RO

par **Alain Quilliot**

1 Le GDR RO (CNRS 3002) - Point d'actualité

Cette année 2017 devrait en principe constituer, du point de vue de sa structure, une année relativement stable pour le GDR Recherche Opérationnelle. Si l'on excepte l'évolution du groupe COS du Pôle Décision, Prédiction, Modélisation, nouvellement baptisé COSMOS, qui a piloté l'organisation de l'École Thématique du GDR en 2016 et qui tend à présent à couvrir l'ensemble des thématiques relatives à la fois à la Recherche Opérationnelle et à la Stochastique, le panorama des activités du GDR est resté à peu près le même qu'en 2016.

En revanche, il est important de signaler que 2016-2017 aura été une année de pointe pour ce qui constitue une de nos missions essentielles : l'animation et la formation en direction des communautés de Jeunes Chercheurs et Doctorants. Quatre bourses de mobilité ont été attribuées comme chaque année à 5 doctorants afin de promouvoir leur capacité d'autonomie : Matthieu GONDRAN (Dir. N.TCHERNEV, LIMOS, Clermont-Ferrand), Micheli KNECHTEL (Dir. P.MICHELON, LMA, Avignon), Nicholas KULLMAN, (Dir. J.MENDOZA, LI, Tours), Tangi MIGOT (Dir. M.HADDOU, IRMAR-INSA, Rennes).

En particulier, en 2016-2017, ce ne sont pas moins de 4 Écoles thématiques qui auront été organisées :

- l'École thématique du GDR, réalisée en septembre 2017 sur le site de Porquerolles, en partenariat avec le GDR I.A et l'AFPC, sur le thème des Contraintes, animée, au niveau du GDR, par le GT RO/Contraintes (Arnaud MALAPERT, Xavier LORCA, Marie-Jo HUGUET) ;
- l'École Thématique sur les problèmes de Routing, pilotée par le GT GT2L (Transport et Logistique), dont les porteurs sont à présent Caroline PRODHON, Nicolas JOZEFOWIEZ et Philippe LACOMME, organisée à Gardanne (Dominique FEILLET) en mai 2017, et qui a été un large succès ;
- l'École Thématique Multi-Objectif, portée par le GT ATOM (Laëtitia JOURDAN, Mathieu BASSEUR, Thibaut LUTZ), organisée à Lille en juin 2017 ;
- l'École Thématique sur l'Ordonnancement, pilotée par GO-THA (Imed KACEM, David RIVREAU, Antoine JOUGLET) et l'Université d'Angers (Christelle GUÉRET), et qui se tiendra en novembre 2017.

A cet ensemble d'Écoles spécifiques, il faut ajouter l'École des JPOC (Polyèdres et Optimisation Combinatoire), qui vient de se tenir à PARIS XIII, sous l'impulsion du GT POC (Ridha MAHJOUR, Pierre FOUILHOUX, Sylvie BORNE...) et le fait que l'intervention du GDR RO dans le congrès ROADEF, qui s'est tenu en février à Metz, s'est apparentée à une école Jeunes Chercheurs à caractère généraliste, avec 6 intervenants couvrant de façon équilibrée les grands pôles

du GDR.

Au plan des relations avec les partenaires industriels, le GDR RO organisera le 5 décembre à l'IHP, en partenariat avec ROADEF et avec le pré-GDR I.A, une Journée Industrielle, avec, en principe, comme intervenants : LION LAB, THALES, CRITEO, ORANGE, IBM, AMAZON, HUAWEI, LIONLab.

Au plan enfin des perspectives, le GDR RO doit penser au futur et à son positionnement par rapport à certains nouveaux GDR de création récente sur des thématiques émergentes, notamment les GDR I.A (Intelligence Artificielle) et MADICS (Big Data). Ce sera un sujet qui fera l'objet de réflexions dans les mois à venir.

2 Présentation du groupe "Graphes et Optimisation"

Le GT Graphes et Optimisation du GDR RO du CNRS a été créé en 2013. À l'origine codirigé par Pierre CHARBIT (Université Paris Diderot) et Bernard RIES (Université Paris Dauphine), le GT est codirigé depuis septembre 2015 par Cédric BENTZ (CNAM) et Michail LAMPIS (Université Paris Dauphine).

Objectifs scientifiques

La théorie et l'algorithmique des graphes jouent un rôle central dans la modélisation et la résolution de nombreux problèmes d'optimisation combinatoire, et il semblait donc nécessaire et pertinent de se doter d'un GT qui pourrait répondre aux questions soulevées par les problématiques du GDR RO dans ce domaine, en réunissant les chercheurs de la communauté spécialistes de la théorie des graphes et intéressés par ces aspects. Ceci est d'autant plus vrai que des recherches à la frontière entre les graphes et la Recherche Opérationnelle sont menées un peu partout en France depuis longtemps, dans plusieurs villes et laboratoires.

Concernant son positionnement, le GT a également vocation à faire l'interface avec le GT Graphes du GDR IM, pour organiser des événements en commun ou faire naître des collaborations. Ainsi, en 2016, le GT Graphes a organisé, comme chaque année, les JGA (Journées Graphes et Algorithmes), journées nationales regroupant la communauté des chercheurs francophones en théorie et algorithmique des graphes rattachés au GDR IM, avec pour la première fois le soutien financier du GDR RO, par l'intermédiaire du GT Graphes et Optimisation.

Le GT Graphes et Optimisation partage également certaines thématiques avec le GT AGAPE (Algorithmique à Garantie de Performance), notamment sur les aspects de l'optimisation dans les graphes liés à la conception d'algorithmes approchés ou FPT. Néanmoins, certains problèmes traités dans AGAPE ne sont pas en lien avec les graphes, et le GT Graphes et Optimisation couvre aussi d'autres thématiques : par exemple, la résolution par des algorithmes exacts polynomiaux de problèmes d'optimisation restreints à certaines classes particulières de graphes, et basés notamment sur des propriétés structurelles de ces différents graphes.

Actions récentes ou à venir

Cette année encore, et suite aux retours positifs de l'an dernier, le GDR RO, par l'intermédiaire du GT Graphes et Optimisation, soutiendra financièrement l'organisation des JGA.

Par ailleurs, le GT Graphes et Optimisation a organisé le 15 juin 2017 une journée thématique à l'Université Paris Dauphine. Lors de cette journée, quatre orateurs sont venus faire une présentation synthétique d'une de leurs thématiques de recherche, et une session d'une heure a été consacrée à des présentations scientifiques de jeunes chercheurs (doctorants ou post-doctorants).

Les quatre orateurs qui ont animé cette journée étaient : Dimitris FOTAKIS (Université Technologique Nationale d'Athènes, Grèce), Olivier HUDRY (Telecom ParisTech), Yota OTACHI (Université de Kumamoto, Japon), et Christophe PICOULEAU (CNAM). Les thématiques abordées variaient de problèmes consistant à supprimer des sommets ou à contracter des arêtes pour diminuer un certain paramètre dans des graphes définis par l'absence de sous-graphes induits fixés, à l'étude algorithmique et structurelle liée à la recherche de codes identifiants dans des graphes, en passant par l'étude structurelle et l'approximation de problèmes de sous-graphes couvrants temporellement connexes, ainsi que par la résolution paramétrée de problèmes consistant à supprimer des sommets d'un graphe en vue d'obtenir une pseudo-forêt.

Animateurs :

Cédric BENTZ, CEDRIC, CNAM
Michael LAMPIS, LAMSADE, Univ. Paris Dauphine

3 Présentation du groupe "GT2L" : 10 ans déjà !

La création du Groupe de Travail Transport-Logistique (GT2L) remonte à l'École pour Jeunes Chercheurs consacrée aux tournées de véhicules organisée sous l'égide du GDR Recherche Opérationnelle en mars 2008 à Avignon. Le groupe a été lancé lors d'une première réunion en octobre 2008 à Troyes. Il a été animé et coordonné par Christian PRINS, Professeur à l'Université de Technologie de Troyes et Frédéric SEMET, Professeur à l'École Centrale de Lille jusqu'en décembre 2016, puis repris par Nicolas JOZEFOWIEZ, Philippe LACOMME et Caroline PRODHON. Aujourd'hui, le GT2L regroupe environ 80 membres (chercheurs, enseignant-chercheurs, doctorants) membres de laboratoires français et étrangers.

Le GT2L vise à rassembler les chercheurs, doctorants et praticiens intéressés par la modélisation, l'optimisation et l'évaluation de performances des systèmes de transport et des systèmes logistiques. Les thèmes concernés englobent les transports de marchandises et de passagers, depuis la conception du réseau (localisation d'entrepôts et de plateformes logistiques, par exemple), jusqu'à la gestion du système, incluant, entre autre, l'élaboration quotidienne de tournées de véhicules. Les problématiques relevant des chaînes logistiques mais sans lien avec l'activité transport ne sont pas du ressort du GT2L puisqu'il existe déjà un GT spécifique (Vendôme). L'activité du GT2L se décompose principalement entre l'organisation de journées scientifiques

et celle de sessions spéciales dans des congrès tels que celui de la ROADEF.

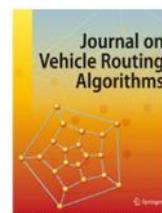
Les activités 2017

- Un track de 6 sessions s'est tenu à ROADEF 2017 ;
- Une École sur les nouveaux enjeux de la logistique et du transport dans les locaux du Campus Provence de l'École des Mines de Saint-Etienne à Gardanne a eu lieu en mai 2017 en collaboration avec les ANR ATHENA, EVERS et e-VRO. L'école a accueilli environ 65 participants autour de six exposés didactiques animés par F. Semet, O. Péton, Ch. Prins, X. Gandibleux, A. Oulamara et F. Meunier ; et 6 discussions thématiques conduites par N. Lahrichi, Y. Kergosien, M. Vinot, J. Goodson, J. Puchinger et A. Froger. L'École, soutenue financièrement par le GDR RO, la ROADEF et le LIMOS, était entièrement gratuite pour les participants. La photo de groupe montre l'ensemble des participants, avec au premier plan D. Feillet qui a assuré l'organisation locale des journées.



Les activités 2018

- Prochaine réunion du groupe le 20 février 2018 à Lorient : le groupe se réunira la veille du congrès ROADEF à Lorient avec le groupe ROSA (Recherche Opérationnelle et Santé). Le thème de la journée portera sur les problèmes de transport et logistique en lien avec la santé. Si vous avez des idées d'exposés, contactez les responsables du GT2L.
- Un numéro spécial de JVRA : à l'occasion des 10 ans du groupe un numéro spécial de la revue JVRA est organisé par le GT2L en collaboration avec Manuel IORI et Kenneth SØRENSEN "Special issue on Challenges in transportation and logistics".



La date limite de soumission est le 30 mars 2018, les soumissions sont les bienvenues dès à présent.

- Une forte activité au congrès ROADEF 2018 de Lorient : un track transport sera organisé au congrès ROADEF de Lorient et un prix sera décerné par le GT2L, en collaboration avec les organisateurs du congrès ROADEF, au meilleur article de ce track.

Et d'autres actualités à suivre sur le site du groupe GT2L <http://www.isima.fr/~lacomme/GT2>

Animateurs :

Nicolas JOZEFOWIEZ, LAAS-CNRS, INSA de Toulouse
Philippe LACOMME, LIMOS, Univ. de Clermont-Auvergne
Caroline PRODHON, LOSI, Univ. de Technologie de Troyes

ROADEF/EURO Challenge

Événements Challenge à Metz!

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

Edition 2016 : Prix Scientifique

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 proposé par AIR LIQUIDE a été décerné lors du congrès ROADEF 2017 à Metz. Le jury était présidé par Roberto Wolfer Calvo (Professeur à l'Université Paris 13) et composé d'experts scientifiques sur cette thématique : Jean André (Operations Research & Data Science Team Manager, Air Liquide), Leandro Coelho (Professeur à l'université Laval, Québec), Frédéric Gardi (Managing Partner chez LocalSolver), Christian Prins (Professeur à l'Université de technologies de Troyes) et Emiliano Traversi (Maître de Conférences à l'Université Paris 13).

Après une procédure d'arbitrage des articles soumis par le jury, le prix scientifique a été attribué à deux équipes (1er prix ex-æquo) :

- **Equipe J9** : Tamara Jovanovic (École des Mines d'Alès, France), *Lower Bound and Important Observations on the Logistic Ratio objective for Inventory Routing Problem*.

- **Equipe S9** : Nabil Absi, Diego Cattaruzza, Dominique Feillet, Frédéric Semet, Maxime Ogier (École des Mines de Saint Étienne / École Centrale Lille), *A heuristic branch-cut-and-price algorithm for the ROADEF/EURO challenge on Inventory Routing*.

Félicitations aux lauréats !

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. Un appel à contribution est lancé : date limite de soumission 1er septembre 2017 !

Les éditeurs invités sont : Jean Andre (Air Liquide, Paris, France), Eric Bourreau (LIRMM, Université de Montpellier, France) et Roberto Wolfer Calvo (LIPN, Université Paris Nord).

Table ronde ROADEF/EURO Challenge

Un événement spécial a eu lieu lors de la conférence ROADEF à Metz autour du Challenge : une table ronde sur les retours d'expérience industrielle du challenge avec les entreprises Air Liquide, EDF, Renault et la SNCF ayant chacune porté une édition du Challenge. Nous remercions chaleureusement Jean André (Air Liquide), Jean-Yves Lucas (EDF), Alain Nguyen (RENAULT) et François Ramond (SNCF) de nous avoir permis d'organiser cet événement et pour les échanges fructueux avec les participants à la table ronde.

Différents sujets ont été abordés. Les étapes clés d'un

challenge du point de vue de l'industriel porteur ont été présentées et discutées, en particulier les efforts internes à fournir pour construire un problème à traiter par la communauté académique avec le soutien du comité d'organisation ROADEF, la chasse aux données pour construire des instances, les efforts de communications pour rendre le challenge accessible et permettre à tous (catégorie junior et senior) de participer, ainsi que les retombées immédiates du challenge : ouverture à de nouvelles méthodes innovantes, découverte et identification d'équipes de recherche, des approches de modélisations alternatives... et enfin les retombées long terme du Challenge : construction de partenariats, visibilité dans la communauté, établissement de benchmarks de référence et publications consécutives.

Les industriels présents soulignent que cette compétition est la seule manière d'évaluer de nombreuses méthodes sur un problème bien identifié et de bénéficier des avancées scientifiques et techniques du monde académique sur le sujet qui les intéresse. La portée internationale de la compétition permet l'identification d'équipes avec lesquelles des collaborations pourraient être envisagées et qui n'auraient pas été forcément faciles à établir en dehors du cadre du challenge. Cette compétition est pour eux l'occasion de formaliser et de rendre public un sujet applicatif, ce qui représente un résultat important. Le regard extérieur apporté par les équipes participantes permet de rafraîchir la manière d'analyser le problème en interne. La compétition est également l'occasion de donner une visibilité sur les activités de l'entreprise tant du point de vue interne qu'externe.

De nombreuses questions sur le dimensionnement en interne des moyens à mettre en œuvre ont été posées. Pour les industriels présents, l'estimation est de trois personnes à mobiliser à un tiers de leur temps pendant environ six mois. Les efforts en interne ont essentiellement porté sur l'élaboration du sujet, la construction des instances et le développement du checker. Un point important soulevé est que le besoin d'anonymiser les données en garantissant que les instances restent pertinentes peut nécessiter un travail additionnel en interne. Par ailleurs, le challenge peut être l'occasion de développer des outils complémentaires, tel que le "serious game" proposé par Air Liquide pour une meilleure prise en main du sujet.

Les industriels ont également souligné l'énorme gain en matière de gestion des questions/réponses réalisé suite à l'ouverture d'un forum pour les équipes participantes qui offre un espace de partage d'expérience. Les phases de sprint introduites récemment dans les étapes clés de la compétition permettent de dynamiser le challenge avant la qualification.

Les problèmes proposés par les industriels correspondent soit à un problème industriel simplifié (cas du challenge Air Liquide), soit à une extension d'un problème déjà résolu en interne (cas du challenge EDF) ou alors au problème réel résolu en interne (cas du challenge Renault). Il est à noter que selon l'option retenue, l'effort à fournir par l'industriel sera plus ou moins conséquent pour mettre à disposition un sujet, des instances et un checker. Le dernier cas étant celui qui nécessite le moins d'investissement pour l'entreprise et la réutilisation des résultats peut se faire de façon quasi immédiate.

La table ronde a été l'occasion pour le comité d'organisation du challenge d'identifier de possibles améliorations à apporter pour la gestion de cette compétition. Nous travaillons à les mettre en œuvre !

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

Bilan du congrès ROADEF 2017 à Metz

par **Imed Kacem et Christophe Rapine**

La 18^{ème} édition du congrès ROADEF s'est déroulée du 22 au 24 février 2017 sur le campus de l'île du Saulcy, à Metz. Elle était organisée à l'Université de Lorraine par l'équipe DOP (Décision et OPTimisation) du LCOMS (Laboratoire de Conception, Optimisation et Modélisation des Systèmes), en partenariat avec la ROADEF, le GDR-RO, l'UFR DEA, l'UFR MIM, le LGIPM et Metz Métropole.

Le programme scientifique de ces trois journées a été très riche, avec des présentations couvrant les différents thèmes de la Recherche Opérationnelle et de l'Aide à la Décision. Nous saluons encore une fois le travail du comité scientifique pour son évaluation des résumés, dont 242 ont été acceptés au congrès. La qualité du programme tient aussi aux conférenciers invités, qui nous ont fait le grand plaisir de venir présenter leurs travaux – Dorit Hochbaum (UC Berkeley), Rhida Mahjoub (LAMSADE), Claude Le Pape (Schneider Electric), Vangélis Paschos (LAMSADE) et Hande Yaman (Bilkent University) –, et aux tutoriels proposés et organisés par le GRD-RO. Comme à chaque édition, le *Prix jeune chercheur* de la ROADEF a été décerné pendant le congrès, lors de l'AG de la ROADEF. Cette année une session spéciale était également organisée pour présenter les lauréats du *Prix de l'étudiant en Master* de la ROADEF. Le congrès a réuni 382 participants, dont 145 étudiants doctorants. Les retours que nous avons eus ont été très positifs. Les vidéos des conférences plénières, filmées par les équipes du numérique de l'Université de Lorraine, qui ont fait un travail remarquable, ainsi que la cérémonie d'ouverture en présence du président de l'Université de Lorraine et des élus locaux, sont disponibles sur le site de la conférence : <http://roadef2017.event.univ-lorraine.fr/>



La cérémonie d'ouverture

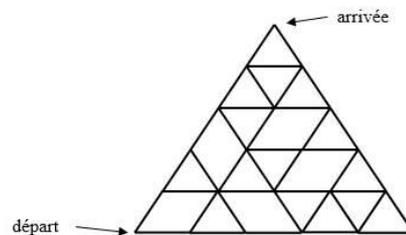
Enfin nous espérons que cette édition du congrès ROADEF aura été l'occasion pour les différents participants de

découvrir Metz, une ville d'Art et d'Histoire avec un très riche patrimoine architectural, notamment lors du cocktail de bienvenue à l'Arsenal, au cœur du centre ville, et lors des visites proposées dans le programme social à l'issue du congrès. Plus généralement, nous espérons que le congrès aura été le lieu d'échanges scientifiques très riches et fructueux pour tous les participants. Nous remercions les sponsors institutionnels et industriels qui nous ont soutenus financièrement : AIMMS, Air France, Amadeus, A-SIS, Dassault Aviation, Decision Brain, ENGIE, EURODECISION, le GDR RO, IBM, RTE, le LCOMS, Metz Métropole, l'UFR MIM et l'Université de Lorraine.

L'énigme de l'été 2017 : "Parcours"

par **Jean-Yves Lucas (EDF)**

On considère le triangle suivant :



On souhaite connaître le nombre de chemins différents partant du sommet situé en bas à gauche et aboutissant au sommet situé en haut, en respectant les contraintes suivantes :

- on ne peut parcourir les arêtes qu'horizontalement de gauche à droite, ou en montant ;
- on ne souhaite atteindre l'arrivée qu'en ayant parcouru un nombre impair d'arêtes.

Solution de l'énigme du numéro précédent : "Rencontres" (D. Porumbel)

Les nombres de mains serrées à tout moment pourraient être : 0, 1, 2, ..., n-1. Mais les nombres 0 et n-1 ne peuvent pas apparaître tous les deux en même temps. Ainsi, il reste n-1 nombres possibles de mains serrées. Comme il y a n personnes, il y a toujours deux personnes qui ont serré le même nombre de mains.

Prix Robert FAURE 2018

Ce concours, organisé tous les trois ans par la ROADEF, s'adresse à de jeunes chercheurs (35 ans maximum), membres de la ROADEF (<https://www.roadef.org/roadef-prix-robert-faure>). En hommage au Professeur Robert FAURE, pionnier de la Recherche Opérationnelle en France, le prix Robert FAURE vise à encourager une contribution originale dans le domaine de l'Aide à la Décision et de la Recherche Opérationnelle. Une attention toute particulière est accordée aux travaux qui allient le développement de méthodes théoriques aux applications, ceci dans l'esprit des travaux de Robert FAURE. Le calendrier est le suivant :

- lancement : **juin 2017**,
- date limite de remise des dossiers de candidature : **16 octobre 2017 à 12h00**,
- réunion de classement : **janvier 2018**,
- remise des prix : **congrès ROADEF 2018 (21–23 février 2018, Lorient)**.

Pour l'édition 2018, le jury est composé de :

- Nadia BRAUNER (Grenoble, G-SCOP)
- Marie-José HUGUET (Toulouse, LAAS)
- Imed KACEM (Metz, LCOMS)
- Jean MAEGHT (Paris, RTE)
- Meltem OZTURK-ESCOFFIER (Paris, LAMSADE)
- Joaquin RODRIGUEZ (Lille, IFFSTAR)
- Jeremy LEGUAY (Boulogne-Paris, Huawei).
- et Marie-Christine COSTA (Palaiseau-Paris, UMA-ENSTA Paris-Tech et CEDRIC-CNAM), Présidente, ancienne étudiante et assistante de Robert FAURE.

Modalités de candidature. Ce concours s'adresse à de jeunes chercheurs (35 ans maximum au 31 décembre 2017, soit nés en 1982 ou après), membres de la ROADEF. Les candidats établiront un dossier constitué :

- d'un curriculum vitae,
- d'une note de synthèse (maximum 3 à 4 pages) présentant les thèmes abordés et les résultats obtenus les plus significatifs, en particulier sur des problèmes industriels,
- d'un échantillonnage des principales publications (les exemplaires de thèse ou d'HDR ne sont pas utiles, les rapports correspondants suffisent).

Les dossiers de candidature devront être déposés sur une plate-forme, au plus tard **le 16 octobre 2017 à 12h00**. Les modalités précises seront indiquées début septembre.

Le jury encourage les lettres de recommandation. Elles devront être envoyées directement par les personnes qui les établissent (l'adresse sera indiquée début septembre).

Vous pouvez me contacter pour tout renseignement complémentaire.

Marie-Christine COSTA

Prix de thèse PGMO 2017

L'annonce de la remise du prix de thèse PGMO a eu lieu début juillet. Les lauréats sont **Vincent Cohen-Addad** ("From practice to theory, Approximation schemes for clustering and network design") et **Joon Kwon** ("Stratégies de descente miroir pour la minimisation du regret et l'approchabilité").

Le jury pour l'édition 2017 était présidé par Guillaume CARLIER et composé comme suit :

Membres désignés par la ROADEF	Clarisse Dhaenens, CRISTAL, Université de Lille Marcel Mongeau, ENAC Sourour Elloumi, ENSTA
Membres désignés par le groupe SMAI-MODE	Guillaume Carlier, CEREMADE (Président) Anatoli Juditsky, Laboratoire Jean Kuntzmann, Grenoble Jalal Fadili, ENSICAEN
Membres désignés par le Conseil Scientifique du PGMO	Luce Brotcorne, INRIA Lille Julien Mairal, INRIA Grenoble Jérôme Renault, Toulouse School of Economics

Les résumés de thèse sont disponibles sur le site de la ROADEF (<http://roadef.org/news.php?id=33>) ou de la Fondation Hadamard (<https://www.fondation-hadamard.fr/fr/pgmo/students/phdawards>).

Prix du Mémoire de Master en RO/AD 2018

La ROADEF renouvelle son Prix du Mémoire de Master en RO/AD pour l'année universitaire 2016/2017. N'hésitez pas à encourager vos étudiants à candidater. C'est une excellente occasion pour faire connaître votre Master et les travaux de vos étudiants !

La date finale de dépôt des candidatures est fixée au **15 octobre 2017**.

Les candidatures se feront par Easychair, qui sera ouvert **entre le 15 septembre et le 15 octobre 2017**.

Le prix de Master ROADEF a pour but de mettre en valeur le travail des étudiants de Master consacré aux questions de Recherche Opérationnelle et/ou d'Aide à la Décision. Il permet également de faire connaître les formations dans nos disciplines et de favoriser les liens entre ROADEF, les Masters de RO/AD et l'industrie.

Les informations sur la procédure et règlement du prix, ainsi que l'édition de l'an dernier, se trouvent sur le site de la ROADEF : <http://roadef.org/content.php?id=23>.

4ème journée ROADEF/AFIA le 18 septembre 2017

La ROADEF et l'AFIA (Association Française pour l'Intelligence Artificielle, <http://www.afia.asso.fr>) organisent une journée thématique RO/IA pour montrer les liens entre les techniques de la Recherche Opérationnelle et celles de l'apprentissage.

Les intervenants (chercheurs et industriels) parleront des applications et des travaux de recherche sur la satisfaction de contraintes, la programmation en variables mixtes, les méthodes de scoring et les metaheuristiques pour l'apprentissage et le data mining. Cette journée aura lieu à l'Université Paris Dauphine le **18 septembre 2017, de 10h à 17h**. ATTENTION, il est nécessaire de s'inscrire pour des contraintes d'organisation (cf. site de la ROADEF).

Pour cette édition, les intervenants seront :

- Sourour ELLOUMI (Présidente de la ROADEF)
- Yves DEMAZEAU (Président de l'AFIA)
- Denis MONTAUT (CEO Eurodecision)
- Lakdar SAIS (CRIL, Université d'Artois) : "Towards cross-fertilization between Data Mining and Constraints"
- Yann CHEVALEYRE (LIPN, Université Paris 13) : "Apprentissage des modèles de score"
- Jin KAO-HAO (Université d'Angers)
- Axel PARMENTIER (ENCP) : "Learning to decompose : supervised learning for column generation"

Pour plus d'informations, rendez-vous sur le site de la ROADEF (www.roadef.org – rubrique news).

Ecole d'hiver GOTHa/GDR RO 2017

Chers collègues,

Nous avons le plaisir de vous inviter à participer à l'École d'hiver GOTHa/GDR RO 2017 "**Ordonnement : fondements théoriques et outils de résolution**" qui se déroulera **du 20 au 22 novembre 2017 à Angers**.

Cet événement est organisé par Christelle Guéret, David Rivreau et André Rossi sous l'égide du groupe de travail GOTHa (Groupe de Recherche en Ordonnement Théorique et Appliqué) du GDR RO, et est financé par le GDR RO, la ROADEF, l'Université d'Angers et l'UCO/IMA.

Les conférenciers invités sont (par ordre alphabétique) : Christian Artigues (LAAS, Université de Toulouse), Éric Bourreau (LIRMM, Université de Montpellier), Philippe Chrétienne (LIP6, Université de Paris VI), Stéphane Dauzère-Pérès (LIMOS, Ecole des Mines de Saint-Etienne (centre de Gardanne), Frédéric Gardi (LocalSolver, Paris), Pierre Lopez (LAAS, Université de Toulouse) et Vincent T'kindt (LI, Université François Rabelais de Tours).

Cette école est destinée en priorité aux doctorants et jeunes chercheurs qui souhaitent avoir un aperçu des fondements de la théorie de l'ordonnement ainsi qu'une expérimentation des dernières avancées des outils de résolution. Elle donnera lieu à une attestation de participation à l'attention des écoles doctorales.

La participation à cette école est gratuite, mais l'inscription est obligatoire avant **le vendredi 29 septembre 2017** pour des raisons d'organisation.

Plus d'information sur le site : <http://www.info.univ-angers.fr/~fossi/ecolehiver.html>



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. Demasse, S. Elloumi, A. Jeanjean, N. Jozefowicz, A. Moukrim, M. Ozturk, A. Robert.

Production du Bulletin : A. Robert.

Ce numéro a été tiré à 550 exemplaires. Les bulletins sont disponibles sur le site de la ROADEF.