

# Le bulletin

Semestriel



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

Édition Automne 2014 - Hiver 2015  
Numéro 33 - janvier 2015

Le mot du bureau  
Interview : F. Sourd  
Article invité : O. Hudry  
    Complexité et théorie du vote  
Article invité : V. Mousseau  
    L'équipe "Aide à la décision pour les Systèmes de Biens/Services"  
Vie de l'association :  
    ROADEF 2015  
    Challenge ROADEF  
Vie du GdR RO et de ses groupes de travail  
Journées Franciliennes de Recherche Opérationnelle  
Les énigmes de la RO  
Rejoindre la ROADEF

Éditeur ..... Frédéric Gardi, Chez Innovation 24, filiale Optimisation & Aide à la Décision du Groupe Bouygues  
Siège social ..... Institut Henri Poincaré, 11, rue Pierre et Marie Curie, 75231 Paris Cedex 05  
Publication ..... Olivier Spanjaard, Sorbonne Universités, UPMC Univ Paris 06, UMR 7606, LIP6, F-75005, Paris, France  
Site web ..... <http://www.roadef.org>  
Langues officielles ..... Français et anglais

## Le mot du bureau

Chers collègues,

Ce premier bulletin de l'année 2015 est l'occasion de vous adresser, de la part de l'ensemble des membres du bureau, nos meilleurs voeux pour cette nouvelle année. Qu'elle vous apporte toute satisfaction tant sur le plan professionnel que sur le plan personnel. Olivier Spanjaard, qui en est l'éditeur, nous propose un bulletin haut en couleur, aux sujets et thèmes variés. Il débute par une interview de Francis Sourd, responsable R&D chez Sun'R SmE. Vous connaissez tous Francis, ancien président de la ROADEF. Son parcours professionnel est riche de plus de 15 années de RO/AD à la croisée entre recherche académique et R&D en entreprise. Dans cette interview, il nous livre quelques retours d'expérience qui intéresseront autant les plus jeunes que les plus confirmés d'entre nous. Un autre ancien président de la ROADEF, Olivier Hudry, nous initie à la théorie du vote, qui concerne tous les citoyens que nous sommes. Retraçant brièvement l'histoire de ce domaine, Olivier nous explique combien il est difficile de concevoir une méthode de vote qui soit "juste", en ce sens qu'elle soit représentative de l'opinion des votants. Il nous présente ensuite quelques résultats récents, montrant ainsi qu'algorithmique et complexité font désormais partie intégrante de la théorie moderne du choix social. Vincent Mousseau, professeur à l'École Centrale Paris, nous présente l'équipe "Aide à la Décision pour les Systèmes de Biens/Services" du Laboratoire de Génie Industriel de l'école. Cette présentation d'équipe nous fait prendre conscience, s'il en est besoin, du large spectre scientifique et applicatif que couvre la RO/AD, au-delà de son thème phare l'optimisation combinatoire : gestion des flux, gestion des files d'attente, optimisation robuste, aide multicritère à la décision. Enfin, comme d'habitude, nous vous proposons de suivre l'actualité des événements et rencontres qui rythment la vie de notre communauté : congrès ROADEF 2015, challenge ROADEF, GDR RO, JFRO. Alain Quillot, directeur du GDR RO, dresse le bilan de l'année écoulée, très positif, et nous présente des perspectives stimulantes pour les années à venir.

Pour conclure, je souhaiterais revenir sur deux faits marquants de l'année 2014 : Philippe Baptiste, que l'on ne présente plus, a été nommé directeur général délégué à la science du CNRS ; la médaille d'or du CNRS, la plus prestigieuse récompense scientifique française, distingue pour la deuxième fois depuis sa création un informaticien, Gérard Berry, titulaire depuis 2012 de la première chaire dans le domaine informatique au Collège de France. La recherche opérationnelle, l'aide à la décision, et plus largement l'informatique, sont de plus en plus et de mieux en mieux reconnus au sein de nos institutions. "Ce n'est pas trop tôt !", me direz-vous, lorsque l'on observe l'impact économique, social, et même sociétal, formidable de notre discipline ces dernières années (une vingtaine d'entreprises, de la TPE à la multinationale, sponsorisent le congrès ROADEF 2015). Cela n'empêche pas de s'en réjouir ! Tout en poursuivant plus que jamais nos efforts de promotion, de vulgarisation, de transfert et dissémination.

En vous souhaitant encore une fois à tous une belle année 2015. Avec mes sincères et amicales salutations.

Frédéric Gardi  
Président de la ROADEF

---

### Contacteur le bureau

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

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

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

## Entretien avec Francis Sourd

entretien réalisé via correspondance électronique (O. Spanjaard)



Après avoir travaillé chez ILOG, au CNRS et à la direction Innovation & Recherche de la SNCF, Francis Sourd est aujourd'hui manager R&D chez Sun'R SmE.

### Votre parcours personnel

**Pouvez-vous vous présenter et nous dire quel a été votre parcours de chercheur opérationnel jusqu'à aujourd'hui ?**

J'ai découvert la recherche opérationnelle au travers d'un projet que j'ai réalisé pour la Junior Entreprise de l'École Polytechnique. Il s'agissait de réaliser un logiciel de livraison de produits pétroliers. C'est ainsi que j'ai eu envie de faire une thèse dans ce domaine, sans avoir suivi de cours de RO. C'est ainsi qu'alors que je faisais un DEA "Algorithmique" plutôt théorique, je suis allé voir Philippe Chrétienne en lui expliquant que je voulais résoudre des problèmes industriels appliqués. Il m'a alors proposé un stage de DEA sur un problème de planification d'observations par télescope que j'ai réalisé à l'Observatoire de Meudon. Pour des raisons budgétaires, l'instrument sur lequel je travaillais a été abandonné et j'ai préféré orienter ma thèse sur des problèmes d'ordonnancement plus théoriques. La structuration de cette famille de problèmes ainsi que ses différents domaines d'application m'ont séduit. Mais, toujours intéressé par le côté industriel de la RO, j'ai pris contact avec ILOG (entreprise depuis acquise par IBM) avec qui j'ai travaillé pendant une partie de ma thèse et qui m'a par la suite proposé une embauche en CDI, à la fin de celle-ci en 2000.

J'ai alors participé au développement de Scheduler, outil de programmation par contraintes dédié à l'ordonnancement. Un an après, j'étais reçu au concours du CNRS : mon programme de recherche s'est alors construit autour des problèmes d'ordonnancement juste-à-temps, sujet de mon HDR en 2008. J'ai alors décidé de tenter une nouvelle aventure dans l'industrie et d'aborder la recherche opérationnelle avec une vision "métier". J'ai ainsi rejoint la direction Innovation & Recherche de la SNCF, en

tant que chef de projets puis responsable d'équipe. Enfin, il y a environ un an, j'ai choisi de rejoindre Sun'R SmE, une jeune entreprise innovante dont le projet m'a séduit.

**Vous avez une double formation initiale en école d'ingénieur et en parcours recherche à l'Université. Dans votre activité de recherche appliquée en entreprise, quelle est la part de l'ingénieur et celle du chercheur ?**

C'est toujours difficile de définir la frontière entre ingénierie et recherche, particulièrement dans les domaines de l'algorithmique où le chercheur peut facilement développer un logiciel matérialisant ses idées. En entreprise, le rôle du chercheur est de vouloir apporter de nouvelles solutions basées sur des connaissances scientifiques et de s'engager dans des projets dont la réussite n'est pas garantie. C'est primordial pour innover mais la part de l'ingénieur est tout aussi importante dans ce métier, pour passer du temps à comprendre des problématiques dont on n'a pas vocation à devenir spécialiste, pour piloter des projets, pour développer des logiciels de qualité, pour s'intéresser à toutes les approches possibles (quitte à devoir délibérément laisser de côté l'optimisation...) et pour s'attaquer à tous les petits détails qui, si on les négligent, peuvent faire échouer un projet.

**Dans le même ordre d'idée, que tirez-vous de votre expérience de chercheur CNRS dans votre pratique de la RO en entreprise ?**

Avant même le CNRS, la thèse apprend la rigueur scientifique, stimule l'autonomie dans le travail et donne le réflexe de positionner ses travaux par rapport à l'état de l'art. Mon passage au CNRS m'a permis d'approfondir tout cela et de découvrir l'encadrement de travaux de recherche. Il m'a de plus permis d'acquérir une large culture de la RO grâce à des travaux très diversifiés qui m'ont permis de maîtriser différentes techniques d'optimisation, mais aussi grâce à la formidable formation continue que représente la participation aux conférences et la (re)lecture d'articles.

L'encadrement de thésards a également été une première expérience de management qui m'a beaucoup

appris sur la manière de construire des relations de confiance sur le long terme.

### **La RO dans le domaine public/privé**

**Vous avez pratiqué la RO dans la recherche publique et dans le domaine privé. Quels sont selon vous les avantages et inconvénients comparatifs de la recherche dans le domaine public et dans le domaine privé ?**

Plusieurs de mes collègues du monde académique m'ont dit, quand je suis parti à la SNCF, que j'allais "dans le privé" même si la SNCF est une entreprise publique ! Pour préciser la question, je parlerai ici de la différence entre la recherche académique (thésard et chargé de recherche) et la recherche en entreprise (ILOG, SNCF et Sun'R SmE). Si j'ai choisi de faire une thèse et de candidater au CNRS, c'est pour avoir la possibilité, la liberté même, de pouvoir résoudre des problèmes nouveaux, de proposer de nouvelles solutions à des problèmes encore mal résolus. C'est très stimulant et cela permet, surtout sur des sujets un peu théoriques, d'être reconnu assez jeune par des collègues du monde entier. La reconnaissance qu'on peut avoir dans une entreprise reste souvent interne, mais c'est incontestablement très valorisant d'entendre des collègues déclarer que grâce à un de vos projets la qualité de leur travail s'est améliorée.

La recherche académique offre aussi la liberté de passer à la fois beaucoup de temps sur un problème et au contraire de s'intéresser ponctuellement à de nouvelles questions. Dans l'industrie, le chercheur opérationnel n'est pas souvent maître du rythme de ses projets, ce qui peut engendrer de la frustration quand on termine un projet pour lequel on a plein d'idées ou qu'on doit porter un projet dans lequel le rôle de la RO se révèle finalement minime.

Enfin, ce n'est pas un mythe, la différence de rémunération existe bien !

**Vous avez connu des expériences de partenariat public/privé en étant d'un côté puis de l'autre. Quels sont selon vous les ingrédients pour un partenariat réussi dans le domaine de la RO ?**

Entre un chercheur académique et un industriel, même si chacun reconnaît généralement le travail et la contribution de l'autre, il y a clairement une différence d'objectifs. Il est donc important, dans le montage d'un projet, de prévoir suffisamment de temps pour permettre à la fois un travail sur un problème théorique approfondissant les connaissances existantes et un travail de mise en oeuvre de solu-

tions applicables au problème posé. Le fait que le travail théorique soit à la base de la solution pratique est évidemment la cerise sur le gâteau mais il ne faut pas en faire une condition sine qua non à la réussite du projet sous peine de risquer de produire une application inutilisable qui ne fera que renforcer les sceptiques dans l'idée que la recherche opérationnelle ne sert pas à grand chose.

La présence d'une interface, c'est-à-dire de personnes connaissant à la fois la recherche opérationnelle et l'entreprise est aussi très importante. Cela peut être un manager qui a gardé le souvenir de ses cours d'université ou un service RO/AD dans l'entreprise. Cette interface est extrêmement utile pour dégager une problématique pertinente et limiter les incompréhensions en début de projet. Dans la suite du projet, elle aura la lourde tâche de transformer le prototype de recherche en un outil et d'en promouvoir l'adoption dans l'entreprise. L'ampleur de cette tâche d'"industrialisation" m'a étonné lorsque je l'ai découverte à mon arrivée à la SNCF. Il est donc important de l'initier bien avant que le projet de recherche ne se termine, et d'y associer les chercheurs académiques dont le point de vue externe à l'entreprise pourra aider l'entreprise à mieux gérer le changement.

### **Votre pratique de la RO en entreprise**

**En tant qu'ancien président de la ROADEF, et avec le recul, quel rôle pensez-vous que la ROADEF doit/peut jouer dans la pratique de la RO en entreprise en France ?**

La RO reste encore mal connue dans les entreprises. Des actions de promotion de la discipline, comme la soirée organisée en avril 2013, sont ainsi très importantes et méritent d'être renouvelées. Cela pourrait aussi être un objectif de publier plus régulièrement dans des journaux professionnels ou de diffuser en France des succès de la RO venus d'autres pays, via EURO ou IFORS. La ROADEF pourrait aussi faire connaître la nature transverse de la discipline auprès des pôles de compétitivité.

Le congrès annuel est aussi une réussite qui permet de favoriser les contacts entre industriels, chercheurs et étudiants. L'organisation d'un congrès comme EURO montrerait à beaucoup d'entreprise que la dynamique est large au niveau mondial.

**À la SNCF, à quels types de problèmes de RO avez-vous été confrontés ? Quelles en étaient les difficultés spécifiques ?**

Le domaine de la RO ferroviaire est devenu depuis une dizaine d'années une discipline en elle-même

avec ses conférences dédiées mais aussi une association (IAROR) et une revue (JRTPM). Les problèmes phares concernent la conception des dessertes, avec leurs fréquences et leurs horaires, le type de rames utilisées. Ces problèmes de conception de plans de transport sont largement étudiés par la SNCF. C'est leur nature combinatoire, proche de celle des problèmes d'ordonnancement qui m'a attiré. La résolution de planification globale de l'ensemble du plan de transport est extrêmement complexe. Pour cette raison, mais aussi parce que la planification n'est pas centralisée dans l'entreprise, les problèmes sont résolus par domaine (dessertes, planification des rames, de la maintenance...). Une difficulté qui en découle (ou qui est peut-être inhérente au problème global) est l'absence de fonction objectif "naturelle" : il faut trouver un équilibre entre des objectifs économiques, des critères de satisfaction de clients, des indicateurs de robustesse... Certaines contraintes sont également très difficiles à modéliser en raison de l'absence de données formalisées (ou même simplement numériques) ou par l'abondance de règles et de cas particuliers à considérer.

**Et aujourd'hui, au sein de Sun'R Smart Energy, à quels types de problèmes de RO êtes-vous confrontés ? Quelles en sont les difficultés spécifiques ?**

Je travaille, avec un docteur en RO et une statisticienne, sur la modélisation du stockage d'énergie pour favoriser l'intégration des énergies renouvelables dans les réseaux électriques. L'objectif est de proposer des solutions qui soient écologiquement performantes et économiquement viables. Le problème s'apparente donc à de la gestion de stock dans un environnement stochastique dû principalement à la variabilité de la production d'électricité photovoltaïque et éolienne et à la difficulté d'anticiper les prix. Il faut traiter à la fois des contraintes techniques liées aux technologies de stockage et des contraintes traduisant les règles de marché. La principale difficulté est de modéliser simultanément différents marchés de l'électricité dont certains ne sont pas encore en vigueur.

**Quel est le plus "beau" projet de RO auquel vous avez contribué ?**

Peu de temps après mon arrivée à la SNCF, j'ai proposé un logiciel simple d'utilisation qui permettait d'optimiser le croisement des trains lorsque l'une des deux voies est impraticable suite à un incident ou à des travaux. Le problème se réduisait à un problème d'ordonnancement sur une machine qu'on

pouvait résoudre de manière exacte par programmation dynamique. Au delà de cette "beauté" théorique, l'outil nécessitait peu de données d'entrée, ce qui a permis de prouver très vite qu'il était opérationnel et il a ainsi été très bien accueilli. De plus, cela permettait de montrer que la recherche opérationnelle était capable d'être utilisée pour l'aide à la décision en temps réel alors que, dans le monde ferroviaire, elle se trouve essentiellement dans les outils de conception amont. En plus, j'avais trouvé un acronyme amusant pour l'outil (SIOUCS) et, du fait de sa brièveté, le projet a coûté très peu cher !

**Inversement, auriez-vous le souvenir d'un échec, ou de difficultés, et quel retours d'expérience auriez-vous sur le sujet ?**

Oui, il est toujours extrêmement difficile de faire aboutir un projet de RO sur un logiciel bien accepté par les utilisateurs. La modélisation est en effet extrêmement difficile pour deux raisons. D'une part, certaines contraintes exprimées par les experts métiers sont en fait des contraintes souples souvent violées (inversement cela arrive aussi de négliger des contraintes qui se révèlent importantes). D'autre part, il est souvent difficile d'obtenir des données numériques suffisamment fiables pour bien "calibrer" le modèle. Les projets souffrent alors souvent d'une longue phase de validation expérimentale où il faut analyser pourquoi les solutions produites par les algorithmes ne satisfont pas les clients.

Pour éviter cela, je conseille de démarrer ces projets par une première phase de représentation des solutions actuellement mise en place qui permet de s'assurer de la qualité des données. Dans un second temps, on peut développer un environnement de simulation ou de manipulation de solutions qui permet de mieux formuler, avec les utilisateurs, les contraintes et les critères d'optimisation. Ces deux phases permettent aux utilisateurs de voir vite l'utilité d'un nouvel outil et aux chercheurs opérationnels de bien comprendre le problème et de s'assurer qu'il est possible de bien le traiter. L'optimisation peut alors entrer en jeu, mais là encore autant commencer par des algorithmes simples, éventuellement sur des sous-problèmes identifiés (ou au moins librement validés) par les utilisateurs.

**Votre vision de la RO**

**Comment voyez-vous la RO dans 20 ans ?**

Désolé pour le manque d'originalité : le big data va certainement profondément faire évoluer notre discipline dans les prochaines années. C'est à la fois une opportunité immense de pouvoir réaliser des

modèles de plus en plus proches des besoins opérationnels mais c'est aussi un risque de mise en retrait de la discipline lorsque les projecteurs seront mis sur d'autres disciplines proches de la nôtre. Sans compter que les approches de data mining pourront donner des très bonnes solutions dans les domaines où la RO est actuellement utilisée. Le succès de la RO passe par notre capacité à montrer qu'un modèle complexe, mêlant statistiques, simulation et optimisation, a une réelle valeur ajoutée dans l'exploitation des données.

Je dirais également que la RO se spécialisera de plus en plus dans différents domaines métiers car les nouvelles applications demanderont de maîtriser de plus en plus finement les contraintes et paramètres des problèmes à modéliser.

**Quelles sont selon vous les qualités qui permettent de faire la différence en RO ? Quels conseils donneriez-vous à un jeune qui voudrait faire de la RO son métier (dans le secteur public ou privé) ?**

Quand on est chercheur opérationnel et qu'on entend un partenaire, un client ou un collègue parler de son métier, il est primordial de se sentir totalement concerné par ce qu'il dit. Son problème, cela doit aussi être notre problème ! C'est cette passion pour le problème à traiter qui donne l'énergie nécessaire pour construire le meilleur modèle possible et le meilleur algorithme de résolution. Il faut se sentir concerné par l'ensemble de la solution à fournir et pas uniquement par un aspect technique.

Pour mener efficacement un projet en RO, surtout dans un contexte industriel, c'est un avantage considérable de maîtriser les différents aspects du déve-

loppement logiciel, et pas uniquement ceux directement liés à la RO. J'ai souvent vu des projets patiner en attendant la disponibilité de développeurs (ou d'un budget) ou l'écriture et la réécriture des spécifications. Un chef de projet qui peut accélérer le rythme de développement bénéficie ainsi de toute l'agilité nécessaire et gagne très vite la confiance de ses partenaires. Cette agilité est également très utile pour la recherche académique. J'ai par exemple découvert que certaines idées que j'avais eues avaient été émises auparavant mais non publiées faute d'une implantation efficace. D'autres idées viennent en programmant car cela permet de voir un problème théorique d'une autre manière.

En résumé, il faut savoir alterner les phases d'exploration heuristique (programmation, visualisation, construction de solutions à la main) et les phases de réflexion et de formalisation.

**Enfin, quels sont selon vous les verrous technologiques majeurs à faire sauter en RO ?**

Dans le monde industriel, le coût et la vitesse de réalisation des projets sont incontestablement deux freins à la plus large présence d'algorithmes d'aide à la décision dans les outils industriels. Souvent le métier évolue plus vite que le cycle de développement des algorithmes. La création de logiciels métiers facilement extensibles et configurables par des consultants serait incontestablement très utile, de même que des solveurs encore plus performants. L'aide à la conception et à la calibration de modèles, basée sur des historiques de données aiderait à converger plus vite vers le bon modèle. Un modèle qui aurait à la fois l'expérience du passé et la vision optimisée de ce qu'il faut décider pour un avenir incertain.

## Article invité

# Complexité et théorie du vote

Olivier Hudry<sup>1</sup>

olivier.hudry@telecom-paristech.fr

## 1 Une petite histoire électorale

Imaginons l'exemple suivant (tiré de [3]) d'une élection dans laquelle quatre candidats  $a$ ,  $b$ ,  $c$  et  $d$  se disputent les suffrages de vingt-sept votants. Supposons que les préférences des votants soient les suivantes :

### Exemple 1

- 5 votants préfèrent  $b$  à  $c$ ,  $c$  à  $d$  et  $d$  à  $a$ ;
- 4 votants préfèrent  $b$  à  $d$ ,  $d$  à  $c$  et  $c$  à  $a$ ;
- 2 votants préfèrent  $a$  à  $c$ ,  $c$  à  $b$  et  $b$  à  $d$ ;
- 6 votants préfèrent  $a$  à  $c$ ,  $c$  à  $d$  et  $d$  à  $b$ ;
- 8 votants préfèrent  $d$  à  $c$ ,  $c$  à  $b$  et  $b$  à  $a$ ;
- 2 votants préfèrent  $a$  à  $d$ ,  $d$  à  $c$  et  $c$  à  $b$ .

Ici, on suppose que si un votant préfère un candidat  $x$  à un candidat  $y$  et  $y$  à un troisième candidat  $z$ , alors il préfère aussi  $x$  à  $z$ ; autrement dit, ses préférences sont *transitives*. Comme de plus, pour chaque paire de candidats distincts, chaque votant de notre exemple a une préférence entre les deux candidats en question, les préférences sont en fait des *ordres totaux* (structure ordonnée antisymétrique, complète et transitive; la réflexivité n'interviendra pas dans la suite) définis sur l'ensemble des candidats. Dans la suite, nous représenterons la préférence d'un votant à l'aide du symbole  $>$  avec la convention suivante :  $x > y$  signifie que ce votant préfère  $x$  à  $y$ .

Se pose alors la question : qui est le vainqueur de l'élection ?

## 2 Scrutins à un ou deux tours, méthodes de Borda ou de Condorcet

La réponse à la question précédente dépend de la

méthode de vote appliquée. Dans un scrutin à un tour, le candidat élu est celui qui arrive le plus souvent en première position dans les préférences des votants. Dans l'Exemple 1,  $a$  arrive 10 fois en tête,  $b$  9 fois,  $c$  0 fois et  $d$  8 fois :  $a$  est le vainqueur. Mais si l'on adopte un scrutin à deux tours, comme dans les élections présidentielles en France,  $b$  est vainqueur. En effet, dans un tel scrutin, les deux candidats les mieux placés restent en lice à l'issue du premier tour et le second tour permet de les départager. Dans notre exemple,  $a$  et  $b$  sont sélectionnés par le premier tour; en supposant que les préférences des votants ne changent pas entre les deux tours, les électeurs de  $d$  reportent leurs choix sur  $b$  (qu'ils préfèrent à  $a$ ) et  $b$  est élu avec 17 ( $= 5 + 4 + 8$ ) voix contre 10 en faveur de  $a$ . Autrement dit, l'élection de  $a$  aurait pu entraîner un mécontentement d'une majorité de votants prêts à se coaliser en faveur de  $b$  contre  $a$ . Cependant, le scrutin à deux tours présente l'inconvénient d'éventuellement éliminer entre les deux tours un candidat qui, quoique moins bien placé au premier tour que chacun des deux candidats arrivant en tête, aurait pu être préféré par une majorité au vainqueur du second tour. Ainsi dans notre exemple, une confrontation entre  $b$  et  $c$  donnerait la victoire à ce dernier, puisque 18 votants préfèrent  $c$  à  $b$ .

C'est en se fondant sur des considérations analogues que, le 16 juin 1770<sup>2</sup>, le chevalier Jean-Charles de Borda présentait à l'Académie des sciences, dont il était membre, un mémoire [5] où il montrait que le mode de scrutin à un tour, en vigueur à l'époque dans cette académie, pouvait ne pas conduire à une solution satisfaisante. Il proposa à son tour un mode de scrutin, connu depuis sous le nom de *méthode de Borda*<sup>3</sup>. Dans la méthode de Borda, appliquée à  $n$  candidats, chaque votant at-

1. Télécom ParisTech, Institut Mines-Télécom, Paris, France.

2. Il est fréquent de considérer que l'âge d'or de la théorie du choix social commence en France à la fin du XVIIIe siècle. On peut cependant citer des travaux antérieurs. Dans leur livre [36], I. McLean et A. Urken citent par exemple trois précurseurs : l'avocat et écrivain latin Pline le Jeune (Caius Plinius Caecilius Secundus en latin, de 61 ou 62 à environ 114), le théologien espagnol Raymond Lulle (ou Ramón Llull en catalan, ou encore en espagnol Raimundo Lulio, né entre 1232 et 1235, mort en 1316) et le théologien et savant allemand Nikolaus Krebs ou Chrypffs dit Nicolas de Cues (ou Nicolas de Cusa, ou encore Niklaus von Cues, environ 1401-1464).

3. Selon I. McLean, H. Lorrey et J. Colomer [35], Nicolas de Cues (aussi connu sous le nom de Nicolas Krebs, Nicolas Chrypffs, Nicolas de Cusa, Nicolaus Cusanus ou encore Nicolas de Cuse, 1401-1464) avait déjà proposé au XVe siècle la méthode de Borda.

tribue un nombre de points égal à  $n - i + 1$  (ou, de façon équivalente,  $n - i$ ) au candidat qu'il place en  $i^e$  position dans ses préférences; la somme des points obtenus par un candidat  $x$  est appelée *score de Borda de  $x$* , que l'on notera  $B(x)$ ; le candidat possédant le plus grand score est le vainqueur selon la procédure de Borda. Dans l'exemple, on attribue 4 points chaque fois qu'un candidat arrive en tête d'un ordre total, 3 points quand le candidat est en deuxième position, etc. On obtient ainsi les scores de Borda suivants :  $B(a) = 57, B(b) = 64, B(c) = 75, B(d) = 74$ ; par conséquent, c'est ici  $c$  qui est élu.

Pourtant, cette méthode n'est pas exempte de la critique précédente : ici, une majorité de mécontents pourrait se coaliser contre le vainqueur de Borda,  $c$ , en faveur d'un autre candidat,  $d$ . En effet, si on ne confronte que  $c$  et  $d$ , on constate que 14 des votants préfèrent  $d$  à  $c$ , contre seulement 13 qui préfèrent  $c$  à  $d$ .

Cette remarque amena Marie Jean Antoine Nicolas de Caritat, marquis de Condorcet, à proposer à son tour une méthode [13], fondée sur des comparaisons portant sur chaque paire de candidats<sup>4</sup>. Plus précisément, pour chaque couple  $(x, y)$  de candidats distincts, on calcule le nombre  $m_{xy}$  de votants qui préfèrent  $x$  à  $y$ . Ces nombres permettent de définir la *relation majoritaire* :  $x$  est majoritairement préféré à  $y$  si on a  $m_{xy} > m_{yx}$ , autrement dit si une majorité stricte de votants préfère  $x$  à  $y$ . Dans l'exemple précédent, on obtient les valeurs suivantes :  $m_{ab} = 10, m_{ba} = 17, m_{ac} = 10, m_{ca} = 17, m_{ad} = 10, m_{da} = 17, m_{bc} = 9, m_{cb} = 18, m_{bd} = 11, m_{db} = 16, m_{cd} = 13, m_{dc} = 14$ . On constate que  $d$  est préféré à tout autre candidat par une majorité de votants. Donc  $d$  est élu par cette procédure. De façon plus générale, si un candidat  $x$  est tel qu'une majorité stricte de votants préfère  $x$  à tout autre candidat ( $\forall y \neq x, m_{xy} > m_{yx}$ ), on dit que  $x$  est le *vainqueur de Condorcet* de l'élection : ici,  $d$  est donc le vainqueur de Condorcet de l'Exemple 1 (la relation majoritaire est même ici un ordre total :  $d > c > b > a$ ). Il est immédiat de remarquer qu'il ne peut pas y avoir plusieurs vainqueurs de Condorcet. Mais, comme Condorcet l'a indiqué lui-même, il se peut aussi qu'il n'existe pas de vainqueur de Condorcet, le cas le plus simple étant celui d'une élection à trois candidats  $a, b$  et  $c$  et à trois votants dont les préférences sont respectivement  $a > b > c, b > c > a$  et  $c > a > b$  : ici  $a$  est majoritairement préféré à  $b, b$  à  $c$  et  $c$  à  $a$ . La possibilité de ne pas avoir de vainqueur est évidemment un gros

handicap pour une procédure électorale : il est délicat d'annoncer au corps électoral qu'on va le faire voter mais que, peut-être, il n'en ressortira aucun élu!...

Ce petit exemple permet déjà de tirer quelques conclusions. La première est que le résultat d'une élection ne dépend pas uniquement des préférences des votants, mais dépend aussi, et fortement, de la procédure de vote retenue. Ainsi, dans l'Exemple 1, chaque méthode de vote donne un vainqueur qui lui est propre. Ce que constatait Borda en son temps : « C'est une opinion généralement reçue, et contre laquelle je ne sache pas qu'on ait jamais fait d'objection, que dans une élection au scrutin, la pluralité des voix indique toujours le vœu des électeurs, c'est-à-dire que le candidat qui a obtenu cette pluralité est nécessairement celui que les électeurs préfèrent à ses concurrents. Mais [...] cette opinion, qui est vraie dans le cas où l'élection se fait entre deux sujets seulement, peut induire en erreur dans tous les autres cas ».

La deuxième consiste à constater que, même si un vainqueur de Condorcet existe, il n'est pas toujours choisi comme l'élu par les méthodes habituelles, y compris le scrutin à deux tours adopté en France pour les élections politiques. Pourtant, beaucoup de théoriciens du vote estiment qu'il s'agit là d'un critère décisif et qu'une « bonne » méthode de vote devrait être compatible avec les vainqueurs de Condorcet, c'est-à-dire élire le vainqueur de Condorcet quand il existe. Mais, et c'est la troisième conclusion issue de l'exemple, il semble qu'une « bonne » méthode ne soit pas facile à concevoir...

### 3 Procédures compatibles avec les vainqueurs de Condorcet

Par la suite, les problèmes de scrutin ne mobilisèrent que médiocrement l'attention des mathématiciens. On pourrait évoquer S. Lhuillier [33] (voir aussi [37]), P.S. Laplace [31] (qui retrouvera la méthode de Borda par une approche légèrement différente), les investigations menées en Angleterre, dans les années 1870-1880, par le Révérend Charles Lutwidge Dodgson [17], plus connu sous le pseudonyme de Lewis Carroll, ou mentionner les approches de Nanson, Galton, etc. (cf. [4]).

Les recherches de meilleures règles de choix collectif furent bouleversées en 1951 par le célèbre théorème d'Arrow [2]. Celui-ci établissait que les

4. Selon I. McLean, H. Lorrey et J. Colomer [35], R. Llull avait déjà proposé en son temps une méthode fondée sur les comparaisons par paires.

difficultés rencontrées n'étaient pas liées à la règle majoritaire, mais étaient inhérentes aux principes régissant la recherche de ces règles de choix collectif : la seule règle définie sur l'ensemble des préordres totaux (relations binaires réflexives, transitives et complètes ; un ordre total est un préordre total antisymétrique) respectant les principes d'unanimité (si tous les votants préfèrent  $x$  à  $y$ , alors  $x$  doit être préféré collectivement à  $y$ ) et d'indépendance (la préférence collective entre  $x$  et  $y$  ne dépend que de la façon dont les votants classent  $x$  par rapport à  $y$ , et ne tient pas compte de la position des autres candidats) est la règle dictatoriale, qui consiste à choisir systématiquement la préférence d'un individu donné (le dictateur). Pour échapper au théorème d'Arrow, de multiples voies furent explorées : par exemple, restreindre les domaines d'investigation (voir par exemple [4] ou [15]), ou modifier le résultat obtenu par la règle majoritaire afin de faire émerger un vainqueur de Condorcet quand il n'y en a pas. Ce sont certaines de ces dernières démarches que nous allons examiner maintenant.

### 3.1 Ordres médians (méthode de Kemeny)

Comme indiqué plus haut, l'agrégation d'ordres totaux selon la méthode majoritaire préconisée par Condorcet ne donne pas nécessairement un ordre total, ni même un vainqueur de Condorcet. Une possibilité pour faire face à une telle situation, possibilité que l'on semble devoir attribuer à Condorcet lui-même mais souvent associée à J.G. Kemeny [30], consiste à déterminer un ordre total qui soit « le plus proche possible » des préférences individuelles exprimées par les votants<sup>5</sup>.

Pour préciser ce que l'on entend par « le plus proche possible », on introduit une modélisation reposant sur des principes métriques (voir [29] pour des références sur la procédure médiane décrite ci-dessous). Pour cela, considérons la *distance de la différence symétrique*  $\delta$ . Cette distance est définie entre deux relations binaires  $R$  et  $S$  définies sur un même ensemble  $X$ , ici l'ensemble des candidats, par :

$$\delta(R, S) = |R\Delta S|,$$

où  $\Delta$  représente la différence symétrique ensembliste. Autrement dit :

$$\delta(R, S) = |\{(x, y) \in X^2 \text{ avec } [xRy \text{ et non } xSy] \\ \text{ou } [xSy \text{ et non } xRy]\}|,$$

5. Outre le fait que Condorcet a sans doute envisagé la même démarche, on notera que J.G. Kemeny, à la suite de K.J. Arrow, s'intéressait à l'agrégation de préordres totaux en un préordre total, et non à l'agrégation d'ordres totaux en un ordre total.

où  $xRy$  (respectivement  $xSy$ ) signifie que  $x$  est en relation avec  $y$  pour  $R$  (respectivement  $S$ ).

La distance de la différence symétrique mesure le nombre de désaccords entre  $R$  et  $S$ . À partir de cette distance, on peut définir un *éloignement*  $E$  qui mesure le nombre total de désaccords entre les préférences individuelles des votants et la préférence collective que l'on cherche à obtenir. Plus précisément, soit  $\Pi = (O_1, O_2, \dots, O_m)$  la collection, que l'on appelle un *profil*, des ordres totaux représentant les préférences des  $m$  votants ; l'éloignement  $E$  entre  $\Pi$  et un ordre total  $O$  défini sur l'ensemble  $X$  des candidats est défini par :

$$E(\Pi, O) = \sum_{k=1}^m \delta(O_k, O).$$

Il est alors naturel de chercher comme préférence collective un ordre total  $O^*$  qui minimise cet éloignement :  $E(\Pi, O^*) = \min_{O \in \Omega} E(\Pi, O)$ , où  $\Omega$  désigne l'ensemble des ordres totaux définis sur  $X$ . Un tel ordre total  $O^*$  est dit *médian*. Sont alors considérés comme vainqueurs (souvent appelés *vainqueurs de Kemeny*) les candidats placés en tête d'un ordre médian.

De façon à calculer  $E(\Pi, O)$ , il est habituel de considérer les *matrices caractéristiques* des ordres totaux  $O_k$  ( $1 \leq k \leq m$ ) de  $\Pi$  et de l'ordre total  $O$ . Soit une relation binaire  $R$  définie sur  $X$ , la *matrice caractéristique* de  $R$  est la matrice  $A = (a_{ij})_{(i,j) \in X^2}$  définie par  $a_{ij} = 1$  si  $i$  et  $j$  sont en relation par  $R$  ( $iRj$ ) et  $a_{ij} = 0$  sinon. Alors, en notant  $A^k = (a_{ij}^k)_{(i,j) \in X^2}$  la matrice caractéristique de  $O_k$  et  $A = (a_{ij})_{(i,j) \in X^2}$  celle de  $O$ , on obtient facilement l'expression suivante :

$$\delta(O_k, O) = \sum_{1 \leq i \leq n, 1 \leq j \leq n} |a_{ij}^k - a_{ij}|$$

et, après quelques calculs :

$$E(\Pi, O) = c - \sum_{1 \leq i \leq n, 1 \leq j \leq n} (2m_{ij} - m)a_{ij},$$

où  $c$  est une constante et où  $m_{ij}$  est égal à  $\sum_{k=1}^m a_{ij}^k$ , c'est-à-dire au nombre de votants qui préfèrent  $i$  à  $j$  ; on retrouve les termes  $m_{ij}$  introduits plus haut dans la méthode de Condorcet.

Cette expression de l'éloignement permet d'avoir une formulation du problème sous la forme d'un problème de programmation linéaire en variables binaires : minimiser  $c - \sum_{1 \leq i \leq n, 1 \leq j \leq n} (2m_{ij} - m)a_{ij}$  ou, ce qui revient au

même, maximiser  $\sum_{1 \leq i \leq n, 1 \leq j \leq n} (2m_{ij} - m)a_{ij}$  avec les contraintes suivantes :

- $\forall i, a_{ii} = 1$  (réflexivité)
- $\forall (i, j)$  avec  $i \neq j, a_{ij} + a_{ji} = 1$  (antisymétrie et complétude)
- $\forall (i, j, k)$  avec  $i \neq j \neq k \neq i, a_{ij} + a_{jk} - a_{ik} \leq 1$  (transitivité)
- $\forall (i, j), a_{ij} \in \{0, 1\}$  (binarité des variables).

Pour le calcul d'un ordre total médian, les quantités  $m_{ij}$  suffisent à caractériser les préférences des votants, ce qui donne une représentation compacte de celles-ci. On remarque d'autre part l'égalité suivante, due au fait que les préférences sont supposées ici être des ordres totaux :

$$\forall (i, j) \text{ avec } i \neq j, m_{ij} + m_{ji} = m.$$

Il y a donc une certaine redondance et on ne peut garder que les valeurs strictement supérieures à  $m/2$  : on retrouve ainsi la relation majoritaire. Si on suppose qu'il n'y a pas *ex æquo* (candidats  $i$  et  $j$  qui seraient caractérisés par  $m_{ij} = m_{ji}$ ), la relation majoritaire définit un *tournoi*, appelé *tournoi majoritaire*. Ce tournoi peut être représenté par un graphe  $T = (X, U)$  dont l'ensemble des sommets est l'ensemble  $X$  des candidats ; il existe un arc  $(i, j)$  si on a  $m_{ij} > m_{ji}$ . L'absence d'*ex æquo* fait qu'entre deux sommets quelconques  $i$  et  $j$  du tournoi, il existe un et un seul des deux arcs  $(i, j)$  ou  $(j, i)$ . On notera qu'un tournoi transitif n'est autre qu'un ordre total et réciproquement.

On peut pondérer ou non le tournoi majoritaire. Les calculs effectués plus haut permettent d'obtenir une traduction graphique du problème de l'ordre médian : en pondérant un arc  $(i, j)$  par  $2m_{ij} - m = m_{ij} - m_{ji}$ , la détermination d'un ordre total médian revient à déterminer un ensemble  $W$  d'arcs dont la somme des poids  $\sum_{(i,j) \in W} (2m_{ij} - m)$  est minimum et tel que l'inversion des éléments de  $W$  rende transitif le tournoi ou, de manière équivalente, le transforme en un ordre total, qui n'est autre que l'ordre total médian cherché. On remarquera un intéressant résultat sur un problème inverse : étant donné un tournoi pondéré  $T$ , il existe un profil  $\Pi$  d'ordres totaux dont  $T$  est le tournoi majoritaire pondéré si et seulement si les poids de  $T$  ont tous la même parité [16].

### 3.2 Solution de Slater

On peut aussi s'intéresser au tournoi majoritaire non pondéré ou, ce qui revient au même, au tournoi obtenu en attribuant un poids égal à 1 à chaque arc. Les *solutions de tournoi* [32] considèrent justement cette modélisation non pondérée pour déterminer

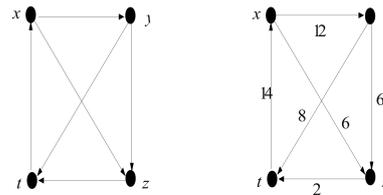
les vainqueurs de l'élection. Parmi ces solutions de tournoi figure la *solution de Slater*. Dans cette méthode, on cherche à déterminer le nombre minimum d'arcs dont il faut changer l'orientation pour obtenir un tournoi transitif, c'est-à-dire un ordre total, appelé *ordre de Slater*. Est alors vainqueur, appelé *vainqueur de Slater*, tout sommet arrivant en tête d'un ordre de Slater. Ici aussi, on pourra remarquer un résultat intéressant : quel que soit le tournoi  $T$  considéré, il existe un profil d'ordres totaux admettant  $T$  comme tournoi majoritaire non pondéré [34].

Pour illustrer ce qui précède, considérons l'exemple ci-dessous, avec  $n = 4$  candidats  $x, y, z, t$  et  $m = 34$  votants dont les préférences sont les ordres totaux suivants :

#### Exemple 2

- pour 13 votants :  $t > x > y > z$  ;
- pour 11 votants :  $z > y > t > x$  ;
- pour 4 votants :  $x > y > z > t$  ;
- pour 3 votants :  $x > y > t > z$  ;
- pour 3 votants :  $z > x > y > t$ .

On obtient alors :  $m_{xy} = 23$  ;  $m_{yx} = 11$  ;  $m_{xz} = 20$  ;  $m_{zx} = 14$  ;  $m_{xt} = 10$  ;  $m_{tx} = 24$  ;  $m_{yz} = 20$  ;  $m_{zy} = 14$  ;  $m_{yt} = 21$  ;  $m_{ty} = 13$  ;  $m_{zt} = 18$  ;  $m_{tz} = 16$ . Ici, la relation majoritaire n'est pas un ordre total : on constate par exemple que  $x$  est majoritairement préféré à  $y$ ,  $y$  à  $t$  et  $t$  à  $x$ . Le tournoi majoritaire pondéré et le tournoi majoritaire non pondéré sont représentés dans la figure ci-dessous.



Sous l'angle graphique, il est facile de voir que, pour obtenir un ordre médian du tournoi pondéré, la meilleure façon de rendre transitif le tournoi pondéré consiste à changer l'orientation des deux arcs entre  $y$  et  $t$  d'une part et entre  $z$  et  $t$  d'autre part. On obtient ainsi l'ordre médian (ici unique)  $t > x > y > z$  et  $t$  est donc l'unique vainqueur de Kemeny.

Si on considère maintenant le tournoi majoritaire non pondéré, il suffit d'inverser l'orientation de l'arc entre  $x$  et  $t$  pour obtenir un tournoi transitif. On obtient de cette manière l'ordre de Slater (ici unique)  $x > y > z > t$  et  $x$  est l'unique vainqueur de Slater.

## 4 Rappels sur la théorie de la complexité

Nous ne rentrerons pas ici dans les détails de la théorie de la NP-complétude ou de la NP-difficulté (le lecteur pourra pour cela se référer au livre classique de M.R. Garey et D.S. Johnson [20]). Rappelons cependant les principales classes et les principaux résultats dont nous aurons besoin (dans ce qui suit, les complexités sont exprimées par rapport à la taille binaire de l'instance).

- Un *problème de décision* (ou de *reconnaissance*) est un problème dans lequel on pose une question admettant la réponse « oui » ou « non » (par exemple : tel entier donné est-il premier ?).
- La classe  $\mathcal{P}$  est l'ensemble des problèmes de décision que l'on peut résoudre en temps polynomial par rapport à la taille de l'instance.
- La classe  $\mathcal{NP}$  est l'ensemble des problèmes de décision pour lesquels on peut vérifier, avec une complexité polynomiale, que la réponse est bien « oui » quand on considère une instance admettant la réponse « oui ».
- La classe  $\text{co-}\mathcal{NP}$  est l'ensemble des problèmes de décision pour lesquels on peut vérifier, avec une complexité polynomiale, que la réponse est bien « non » quand on considère une instance admettant la réponse « non ».
- La classe  $\mathcal{P}$  est incluse dans les classes  $\mathcal{NP}$  et  $\text{co-}\mathcal{NP}$  :  $\mathcal{P} \subseteq \mathcal{NP} \cap \text{co-}\mathcal{NP}$ . On ne sait pas si l'inclusion de  $\mathcal{P}$  dans  $\mathcal{NP}$  est stricte ou non ; si l'inclusion est stricte, on ne sait pas si l'inclusion de  $\mathcal{P}$  dans  $\mathcal{NP} \cap \text{co-}\mathcal{NP}$  est stricte ou non.
- Un problème de décision  $D$  est dit  $\mathcal{NP}$ -complet s'il appartient à  $\mathcal{NP}$  et s'il est au moins aussi difficile que tout autre problème de  $\mathcal{NP}$  au sens où tout algorithme résolvant  $D$  permettrait de résoudre tout problème de  $\mathcal{NP}$  avec une complexité pas plus élevée, « à des polynômes près » ; en particulier, on a  $\mathcal{P} = \mathcal{NP}$  si et seulement s'il existe un problème  $\mathcal{NP}$ -complet qui soit polynomial.
- La classe  $\mathcal{L}^{\mathcal{NP}}$ , notée aussi  $\Theta_2$ , contient les problèmes de décision que l'on peut résoudre en appelant, un nombre logarithmique de fois, un algorithme permettant de résoudre un problème  $\mathcal{NP}$ -complet ; un problème de  $\mathcal{L}^{\mathcal{NP}}$  est dit  $\mathcal{L}^{\mathcal{NP}}$ -complet s'il est au moins aussi difficile que tout autre problème de  $\mathcal{L}^{\mathcal{NP}}$ . On a l'inclusion suivante :  $\mathcal{NP} \cup \text{co-}\mathcal{NP} \subseteq \mathcal{L}^{\mathcal{NP}}$ .

- Un problème, non nécessairement de décision, est dit  $\mathcal{NP}$ -difficile s'il est au moins aussi difficile qu'un problème  $\mathcal{NP}$ -complet.
- Les problèmes  $\mathcal{NP}$ -complets sont les problèmes qui sont à la fois dans  $\mathcal{NP}$  et  $\mathcal{NP}$ -difficiles.
- On associe canoniquement un problème de décision à tout problème d'optimisation. Un problème d'optimisation dont le problème de décision est  $\mathcal{NP}$ -complet est lui-même  $\mathcal{NP}$ -difficile.

## 5 Résultats de complexité

À ma connaissance, les premiers résultats publiés sur la  $\mathcal{NP}$ -difficulté en théorie du vote sont ceux de Y. Wakabayashi, en 1986. Dans sa thèse [38] (voir aussi [39]), celle-ci établit la  $\mathcal{NP}$ -difficulté de l'agrégation de relations binaires en des structures ordonnées médianes, dont les ordres totaux (mais aussi les ordres partiels, les préordres totaux, etc.), dès lors que le nombre de votants est assez grand. Ses résultats seront étendus en 1989 dans [6] et [22] de différentes façons : d'abord en prenant en compte des préférences qui soient plus contraintes que des relations binaires quelconques, notamment des ordres totaux ; ensuite, en diminuant les nombres de votants à partir desquels on peut conclure que le calcul de structures médianes reste  $\mathcal{NP}$ -difficile ; enfin, en considérant de nouvelles structures ordonnées comme relations médianes. D'autres résultats de complexité sont venus depuis (voir par exemple [24] pour une synthèse de tels résultats). Nous en détaillons un certain nombre ci-dessous.

### 5.1 Méthodes polynomiales

Il est facile de voir que les méthodes présentées dans la partie 2 sont polynomiales. Pour cela, on suppose que les préférences des votants sont ici des ordres totaux définis sous la forme de tableaux de candidats, la première case d'un tableau donnant le candidat préféré du votant considéré, la deuxième case donnant le candidat qui vient après, etc. Plus précisément, en appelant  $n$  le nombre de candidats et  $m$  le nombre de votants, on obtient les résultats suivants :

#### Théorème 1.

- Les vainqueurs selon le mode de scrutin à un tour peuvent être déterminés en  $O(n + m)$ .
- Les vainqueurs selon le mode de scrutin à deux tours peuvent être déterminés en  $O(nm)$ .

- Les vainqueurs selon la procédure de Borda peuvent être déterminés en  $O(nm)$ .
- Le vainqueur de Condorcet, quand il existe, peut être déterminé en  $O(n^2m)$ .

La procédure de Borda peut être vue comme un cas particulier des méthodes fondées sur l'exploitation d'un vecteur de points. Dans une telle méthode appliquée à une élection à  $n$  candidats, on définit un vecteur à  $n$  composantes  $(p_1, p_2, \dots, p_n)$  et on attribue  $p_i$  points à un candidat chaque fois que celui-ci est placé à la  $i$ -ième position dans les préférences des votants. Ainsi la méthode de Borda est associée au vecteur  $(n, n-1, \dots, 2, 1)$ . Ces méthodes sont aussi de complexité  $O(nm)$ .

## 5.2 Complexité de la détermination d'ordres médians

Contrairement aux méthodes de la partie 2, celles de la partie 3 sont  $\mathcal{NP}$ -difficiles. Le théorème suivant précise certains résultats relatifs à la procédure médiane [6], [18], [21], [22], [23], [26], [27].

### Théorème 2 (ordres médians)

- Le problème suivant est  $\mathcal{NP}$ -complet : étant donné un profil  $\Pi$  d'ordres totaux et un entier  $k$ , existe-t-il un ordre total  $O$  vérifiant  $E(\Pi, O) \leq k$  ?
- La détermination d'un ordre total médian d'un profil d'ordres totaux est un problème  $\mathcal{NP}$ -difficile. Elle le reste si le nombre  $m$  d'ordres totaux est une constante paire avec  $m \geq 4$ ; le problème devient polynomial pour  $m = 2$ ; la complexité du problème n'est pas connue pour les valeurs fixées impaires de  $m$  (à part  $m = 1$ ...).
- Déterminer un (ou tous les) vainqueur(s) selon la procédure médiane est un problème  $\mathcal{NP}$ -difficile.
- Le problème suivant est  $\mathcal{LNP}$ -complet : étant donné un profil  $\Pi$  d'ordres totaux et un candidat  $x$ ,  $x$  est-il un vainqueur pour  $\Pi$  selon la procédure médiane ?
- Le problème suivant est  $\mathcal{LNP}$ -complet : étant donné un profil  $\Pi$  d'ordres totaux et deux candidats  $x$  et  $y$ , existe-t-il un ordre médian de  $\Pi$  dans lequel  $x$  est mieux classé que  $y$  ?
- Le problème suivant appartient à  $\text{co-}\mathcal{NP}$  : étant donné un profil  $\Pi$  d'ordres totaux et un ordre total  $O$ ,  $O$  est-il un ordre médian de  $\Pi$  ?

Certains de ces résultats s'étendent à d'autres structures ordonnées (qu'il s'agisse de modéliser les

préférences des votants ou de l'ordre médian cherché). C'est notamment le cas de ce qui était à l'origine le problème de Kemeny (l'agrégation de préordres totaux en un préordre total médian) [26] :

### Théorème 3 (problème de Kemeny).

- Le problème suivant est  $\mathcal{NP}$ -complet : étant donné un profil  $\Pi$  de préordres totaux et un entier  $k$ , existe-t-il un préordre total  $P$  vérifiant  $E(\Pi, P) \leq k$  ?
- La détermination d'un préordre total médian d'un profil de préordres totaux est un problème  $\mathcal{NP}$ -difficile. Elle le reste si le nombre  $m$  de préordres totaux est une constante paire avec  $m \geq 4$ .

Il existe aussi des résultats de complexité quand l'éloignement entre le profil  $\Pi$  et la structure médiane n'est pas nécessairement la somme des distances  $\delta$ . En divisant l'éloignement  $E$  défini plus haut par  $m$ , on obtient une moyenne arithmétique que l'on peut interpréter comme une sorte de mécontentement moyen du corps électoral. On peut alors envisager d'autres moyennes (géométrique, harmonique, pondérée...) ou d'autres mesures du mécontentement (par exemple, on peut chercher à minimiser le mécontentement maximum en remplaçant la somme définissant  $E$  plus haut par un maximum). Pour plusieurs autres définitions de l'éloignement, il est en particulier montré dans [28] que la détermination d'un ordre total ou d'un préordre total minimisant l'éloignement par rapport à un profil de  $m$  relations binaires quelconques est un problème  $\mathcal{NP}$ -difficile, même quand  $m$  est fixé avec  $m \geq 1$ ; en revanche, la complexité pour des profils d'ordres totaux reste ouverte dans le cas général.

*A contrario*, on notera un cas intéressant pour lequel la procédure médiane est polynomiale : celui pour lequel les préférences des votants sont des « ordres unimodaux ». Ici, on suppose que l'on peut répartir les candidats sur un axe, le même pour tous les votants (ce qui est une hypothèse forte); en politique, ce sera par exemple l'axe allant de l'extrême gauche à l'extrême droite, en passant par la gauche, le centre, la droite, et d'éventuelles autres catégories politiques. Cet axe étant fixé, on dit qu'un ordre, représentant la préférence d'un votant  $v$ , est *unimodal* (pour cet axe) s'il existe un candidat  $x(v)$  préféré de  $v$  tel que la préférence de  $v$  décroît quand on s'éloigne de  $x(v)$  à gauche ou à droite sur l'axe (mais il n'y a pas de relation systématique entre un candidat placé à gauche de  $x(v)$  et un autre placé à droite de  $x(v)$ ). Par exemple, pour l'axe politique que l'on vient d'évoquer, un électeur centriste aurait son candidat préféré au centre, préférerait un candidat de gauche à un candidat d'extrême gauche

et préférerait un candidat de droite à un candidat d'extrême droite; on ne peut rien dire *a priori* des positions d'un candidat de gauche ou d'extrême gauche par rapport à un candidat de droite ou d'extrême droite pour cet électeur centriste... La procédure médiane produit alors un ordre total unimodal (ou, s'il y a des *ex æquo*, un préordre total) [4].

**Théorème 4 (agrégation d'ordres unimodaux).**

- La procédure médiane appliquée à un profil d'ordres totaux unimodaux (par rapport à un axe donné) produit un ordre total unimodal (s'il n'y a pas d'*ex æquo*). La détermination du vainqueur se fait en temps polynomial.

On trouvera dans [11] et [19] d'autres références et d'autres résultats algorithmiques liés aux ordres médians.

### 5.3 Complexité de la solution de Slater

Comme il est dit plus haut, la solution de Slater fait partie de ce qui s'appelle les solutions de tournois. La complexité du problème consistant à transformer un tournoi en un ordre total par l'inversion d'un nombre minimum d'arcs est restée longtemps inconnue. Le résultat de  $\mathcal{NP}$ -complétude est arrivé indépendamment de plusieurs équipes. On obtient les résultats suivants [1], [10], [14], [25], dans lesquels on peut interpréter le tournoi  $T$  considéré comme le tournoi majoritaire non pondéré d'un profil  $\Pi$  d'ordres totaux grâce au résultat de D. McGarvey [34] selon lequel on peut toujours associer un tel profil à tout tournoi :

**Théorème 5 (solution de Slater).**

- Le problème suivant est  $\mathcal{NP}$ -complet : étant donné un tournoi  $T$  et un entier  $k$ , peut-on rendre  $T$  transitif en inversant l'orientation d'au plus  $k$  arcs dans  $T$  ?
- La détermination d'un ordre de Slater d'un tournoi est un problème  $\mathcal{NP}$ -difficile.
- Déterminer un (ou tous les) vainqueur(s) de Slater d'un tournoi est un problème  $\mathcal{NP}$ -difficile.
- Le problème suivant est  $\mathcal{NP}$ -difficile et appartient à  $\mathcal{L}^{\mathcal{NP}}$  : étant donné un tournoi  $T$  et un candidat  $x$ ,  $x$  est-il un vainqueur de Slater de  $T$  ?
- Le problème suivant appartient à  $\text{co-}\mathcal{NP}$  : étant donné un tournoi  $T$  et un ordre total  $O$ ,  $O$  est-il un ordre de Slater de  $T$  ?

On trouvera dans [7], [8], [11], [24] d'autres références et d'autres résultats concernant la com-

plexité des solutions de tournois ou relatifs aux aspects algorithmiques liés à certaines d'entre elles.

## 6 Conclusion

Depuis la thèse de Y. Wakabayashi [38], de nombreuses méthodes de vote ont été étudiées sous l'angle de la complexité (voir [24] pour des références et des résultats de complexité concernant d'autres méthodes de vote que celles abordées ici; voir aussi [9] et [12] pour une introduction plus générale concernant la théorie de la complexité dans le domaine du choix social). Comme on l'a vu dans les paragraphes précédents, certaines de ces méthodes sont polynomiales, d'autres  $\mathcal{L}^{\mathcal{NP}}$ -difficiles. Le caractère  $\mathcal{L}^{\mathcal{NP}}$ -difficile est sûrement un handicap dès lors que le nombre de candidats devient un peu grand. Expliquer au corps électoral que le résultat risque de n'être connu que dans quelques siècles est évidemment inacceptable. Il faut cependant se rappeler que ces résultats de complexité concernent le pire des cas. Une étude de la complexité en moyenne serait aussi très utile (mais souvent difficile à mener à bien).

Quoi qu'il en soit, on le constate au travers des considérations qui précèdent : dans l'arsenal des outils mathématiques mis à disposition des théoriciens du vote et à côté des propriétés « classiques » du domaine, il y a désormais une place de choix pour la théorie de la complexité.

## Références

- [1] N. Alon, "Ranking tournaments", *SIAM Journal on Discrete Mathematics* 20 (1), 137-142, 2006.
- [2] K.J. Arrow, *Social choice and individual values*, Wiley, 1951 (on préférera l'édition de 1963).
- [3] J.-P. Barthélemy, A. Guénoche, O. Hudry, "Median linear orders : heuristics and a branch and bound algorithm", *EJOR* 41, 313-325, 1989.
- [4] D. Black, *The theory of committees and elections*, Cambridge University Press, 1958.
- [5] J.-C. Borda, "Mémoire sur les élections au scrutin, Histoire de l'Académie Royale des Sciences pour 1781", Paris, 1784.
- [6] J.J. Bartholdi III, C.A. Tovey, M.A. Trick, "Voting schemes for which it can be difficult to tell who won the election", *Social Choice and Welfare* 6, 157-165, 1989.
- [7] F. Brandt, *Tournament Solutions - Extensions of Maximality and Their Applications to Decision-Making*, thèse d'habilitation, 2009.

- [8] F. Brandt, M. Brill, P. Harrenstein, "Tournament Solutions", in *Handbook of Computational Social Choice*, Cambridge Univ. Press, 2015.
- [9] F. Brandt, V. Conitzer, U. Endriss, J. Lang, A.D. Procaccia, *Handbook of Computational Social Choice*, Cambridge University Press, 2015.
- [10] P. Charbit, S. Thomassé, A. Yeo, "The minimum feedback arc set problem is NP-hard for tournaments", *Combinatorics, Probability and Computing* 16 (1), 1-4, 2007.
- [11] I. Charon, O. Hudry, "An updated survey on the linear ordering problem for weighted or unweighted tournaments", *Annals of Operations Research* 175, 107-158, 2010.
- [12] Y. Chevaleyre, U. Endriss, J. Lang, N. Maudet, "A short introduction to computational social choice", *SOFSEM 2007*, LNCS 4362, Springer-Verlag, 51-69, 2007.
- [13] M. J. A. N. Caritat, marquis de Condorcet, "Essai sur l'application de l'analyse à la probabilité des décisions rendues à la pluralité des voix", Imprimerie royale, Paris, 1785.
- [14] V. Conitzer, "Computing Slater Rankings Using Similarities Among Candidates", *AAAI-06*, 613-619, Boston, MA, USA, 2006.
- [15] D. Cornaz, L. Galand, O. Spanjaard, "Kemeny elections with bounded single-peaked or single-crossing width", *IJCAI 2013*, 76-82, 2013.
- [16] B. Debord, "Caractérisation des matrices de préférences nettes et méthodes d'agrégation associées", *Math. et Sc. Humaines* 97, 5-17, 1987.
- [17] C.L. Dodgson, *A method of taking votes on more than two issues*, Clarendon Press, Oxford, 1876, reproduit dans [4], 224-234 et dans [36].
- [18] C. Dwork, R. Kumar, M. Naor, D. Sivakumar, "Rank aggregation methods for the Web", *WWW10*, Hong Kong, 613-622, 2001.
- [19] F. Fischer, O. Hudry, R. Niedermeier, "Weighted Tournament Solutions", in *Handbook of Computational Social Choice*, Cambridge University Press, 2015.
- [20] M.R. Garey, D.S. Johnson, *Computers and intractability, a guide to the theory of NP-completeness*, Freeman, New York, 1979.
- [21] E. Hemaspaandra, H. Spakowski, J. Vogel, "The complexity of Kemeny elections", *Theoretical Computer Science* 349, 382-391, 2005.
- [22] O. Hudry, *Recherche d'ordres médians : complexité, algorithmique et problèmes combinatoires*, thèse de doctorat, Télécom ParisTech, Paris, 1989.
- [23] O. Hudry, "NP-hardness results on the aggregation of linear orders into median orders", *Annals of OR* 163 (1), 63-88, 2008.
- [24] O. Hudry, "Complexity of voting procedures", in *Encyclopedia of Complexity and Systems Science*, Springer, New York, 9942-9965, 2009.
- [25] O. Hudry, "On the complexity of Slater's problems", *European Journal of Operational Research* 203, 216-221, 2010.
- [26] O. Hudry, "On the computation of median linear orders, of median complete preorders and of median weak orders", *Mathematical Social Sciences* 64, 2-10, 2012.
- [27] O. Hudry, "Complexity of computing median linear orders and variants", *Electronic Notes in Discrete Mathematics* 42, 57-64, 2013.
- [28] O. Hudry, "Complexity results for extensions of median orders to different types of remoteness", à paraître dans *Annals of OR*, 2015.
- [29] O. Hudry, B. Leclerc, B. Monjardet, J.-P. Barthélemy, "Médianes métriques et laticielles", in *Concepts et méthodes pour l'aide à la décision, vol. 3 : analyse multicritère*, Hermès, 271-316, 2006.
- [30] J.G. Kemeny, "Mathematics without Numbers", *Daedalus* 88, 571-591, 1959.
- [31] P. S. Laplace, (1795) *Journal de l'École polytechnique*, tome II vol. 7 et 8, Paris, 1795.
- [32] J.-F. Laslier, *Tournament Solutions and Majority Voting*, Springer, Berlin, Heidelberg, New York, 1997.
- [33] S. Lhuillier, "Examen du mode d'élection proposé à la Convention nationale de France en février 1793 et adopté à Genève", Genève, 1794, reproduit dans *Mathématiques et Sciences humaines* 54, 7-24, 1976.
- [34] D. McGarvey, "A theorem on the construction of voting paradoxes", *Econometrica* 21, 608-610, 1953.
- [35] I. McLean, H. Lorrey, J. M. Colomer, "Social Choice in Medieval Europe", actes du colloque *Histoire des Mathématiques Sociales*, Paris, 2007.
- [36] I. McLean, A. Urken, *Classics of social choice*, University of Michigan Press, Ann Arbor, Michigan, 1995.
- [37] B. Monjardet B., "Lhuillier contre Condorcet, au pays des paradoxes", *Mathématiques et Sciences humaines* 54, 33-43, 1976.
- [38] Y. Wakabayashi, *Aggregation of binary relations : algorithmic and polyhedral investigations*, thèse de doctorat, Augsburg, 1986.
- [39] Y. Wakabayashi, "The Complexity of Computing Medians of Relations", *Resenhas* 3 (3), 323-349, 1998.

## Présentation d'équipe

# L'Equipe "*Aide à la décision pour les Systèmes de Biens/Services*" Laboratoire Génie Industriel, l'Ecole Centrale Paris

Vincent Mousseau<sup>1</sup>  
vincent.mousseau@ecp.fr

L'Equipe "*Aide à la décision pour les Systèmes de Biens/Services*" (AD) est l'une des quatre équipes du Laboratoire Génie Industriel de l'Ecole Centrale Paris ([www.lgi.ecp.fr](http://www.lgi.ecp.fr)). Elle est composée de 27 membres dont 7 enseignants-chercheurs (5 HDR), 2 post-docs et de 18 doctorants à ce jour. Les membres permanents de l'équipe relèvent des sections CNU 27 et 61.

Les recherches menées se positionnent dans le champ de la recherche opérationnelle et l'aide à la décision sur les problématiques d'aide à la décision en gestion des opérations, à la fois dans le domaine des Produits et des Services. Les enjeux scientifiques se positionnent à deux niveaux : d'une part des enjeux liés au domaine d'application des recherches et traitant de l'optimisation de systèmes de production et de distribution de biens et de services, d'autre part des enjeux liés aux contributions conceptuelles, méthodologiques, procédurales et algorithmiques concernant les outils mobilisés pour répondre aux problématiques applicatives.

L'élaboration de méthodes pour optimiser un aspect spécifique d'un système industriel, conduit à mobiliser, adapter, reformuler ou même concevoir des outils formels de sorte d'apporter une réponse effective aux interrogations que se posent les décideurs sur leur système. Ce travail conduit souvent à élaborer de nouveaux outils ou méthodologies d'aide à la décision dont la validité s'étend au-delà de l'application pour laquelle ils ont été conçus.

Nos travaux de recherche s'articulent autour de 3 axes de recherche

- Service Operations Management
- Supply Chain Management
- Multiple Criteria Decision Aid

## 1 Service Operations Management

La croissance du secteur des services et le besoin d'améliorer leur organisation (délai d'accès au service, attente, coûts d'exploitation, aspects humains liés à la satisfaction des usagers) sont au cœur des préoccupations de nos travaux sur la gestion des opérations de service. Notre objectif est de développer des méthodes et outils issus de la recherche opérationnelle pour traiter des problématiques organisationnelles rencontrées dans ces systèmes.

### 1.1 Systèmes de santé

La recherche concerne deux maillons particuliers de la chaîne de soins ; les soins réalisés dans les murs de l'hôpital et ceux prodigués au domicile du patient tels que les services d'hospitalisation ou de maintien à domicile.

Pour les services d'urgence intra hospitalière, la thèse de Karim Ghanes, en collaboration avec l'Agence Régionale de Santé Ile de France, traite de la modélisation et l'optimisation de flux de patients pour rendre ces systèmes plus réactifs face aux situations de congestion critiques.

L'équipe s'est également fortement investie dans l'optimisation des services d'urgence pré-hospitalière. [1] a étudié l'amélioration des performances et la réactivité de tels systèmes, la problématique de déploiement et re-déploiement en temps réel des ambulances.

Concernant les soins à domicile, [3] a étudié le partitionnement des patients en "districts" de façon à ce que les regroupements affectés aux équipes soignantes soient "bons" par rapport à différents critères (équilibrage de la charge, distances parcourues, compacité et contiguïté des zones, préférences des patients et soignants).

1. Laboratoire Génie Industriel, Ecole Centrale Paris, Grande voie des vignes, 92295 Châtenay-Malabry

## 1.2 Call centers

Les centres d'appels remplissent de plus en plus de fonctions (avant-vente, après-vente, assistance et la fidélisation des clients, qualification de prospect, télévente, ...). Grâce à l'évolution des technologies de couplage de l'informatique et de la téléphonie, cette activité connaît un intérêt grandissant.

Nous étudions diverses problématiques à l'aide principalement de modèles de réseaux de files d'attente. [2] s'intéresse à l'impact des aspects d'organisation et de motivation des agents sur la performance, notamment dans les centres d'appels multi-compétences. De façon complémentaire O. Jouini a proposé plusieurs indicateurs de performances qui intègrent l'abandon des clients, de nouvelles modélisations du temps avant abandon.

Sur le niveau moyen terme, nous travaillons sur le dimensionnement de centres d'appels. Des modèles de dimensionnement (programmation stochastique et programmation robuste) en tenant compte de l'incertitude de la prévision des paramètres d'arrivées des appels sont étudiés. La thèse de M. Excoffier traite la problématique de dimensionnement avec des modélisations de contraintes en probabilités jointes.

Sur le niveau court terme, O. Jouini travaille sur l'estimation de temps d'attente des clients dans un centre d'appels avec plusieurs classes de clients et développe des méthodes d'estimation et d'annonce de temps d'attente tout en intégrant les impacts du phénomène d'abandon.

## 2 Supply Chain Management

Avec l'évolution du paysage économique et industriel, le management de la Supply Chain se retrouve face à des problématiques de plus en plus complexes dans un périmètre élargi. L'équipe s'intéresse au management de la Supply Chain afin d'apporter des solutions d'aide à la décision.

Nous nous intéressons à la fois à la modélisation de ces problématiques et à leur résolution en développant par exemple des solutions exactes et des heuristiques pour des problématiques de planification, pilotage de flux et d'ordonnancement.

### 2.1 Conception et planification de la chaîne logistique

Nous nous intéressons à diverses problématiques de la recherche opérationnelle en lien fort avec la

Supply Chain. Par exemple, nous nous intéressons à différentes variantes des problématiques de lot sizing comme la considération de temps et de coûts de setup dépendant de la séquence, à la problématique d'ordonnancement online, au problème de Bin Packing à deux dimensions...

Des applications concrètes ont été menées dans certains de ces travaux comme la planification de la production et de la distribution du pétrole, l'optimisation des lignes de découpe de verre ou encore la production et distribution de l'électricité [7].

### 2.2 Pilotage des flux et gestion des stocks

Nous nous intéressons aux décisions de pilotage des flux tout au long de la Supply Chain. L'originalité des travaux réside dans l'étude de diverses situations spécifiques. Par exemple, nous étudions la prise en compte des écarts entre le stock physique et celui du système d'information dans l'optimisation des politiques de pilotage de flux, à l'optimisation de la politique base-stock dans le cas de produits périssables et clients impatientes, à l'optimisation exacte de la politique à revue périodique (T,S) pour les produits périssables ou encore au cas de demande intermittente comme c'est le cas par exemple pour les pièces de rechange.

D'autres travaux ont permis d'évaluer l'impact de l'utilisation des nouvelles technologies sur les performances des politiques de pilotage de flux comme par exemple la technologie RFID afin de remédier aux erreurs entre le stock physique et celui du système d'information ou les intégrateurs temps température (TTI) pour mieux contrôler la péremption des produits [5].

Plusieurs applications industrielles ont été menées notamment dans le secteur automobile avec plusieurs thèses réalisées.

### 2.3 Compétition et coordination

De plus en plus d'acteurs interviennent dans le management de la Supply Chain avec chacun des objectifs qui lui sont propres et qui ne sont pas dans la majorité des cas alignés avec les objectifs globaux de la Supply Chain. Il s'agit donc d'étudier l'interaction entre ces différents acteurs et l'impact que peut avoir une décision décentralisée sur les performances de la Supply Chain [6]. C'est le cas, par exemple, d'une Supply Chain à deux étages avec recours à la sous-traitance.

## 2.4 Chaines logistiques et durabilité

Le critère économique de la performance de la Supply Chain est de plus en plus intégré dans une vision plus globale qui est le Développement Durable. Dans ce projet, nous adoptons cette vision dans la prise de décision dans différentes problématiques de la Supply Chain. [8] intègrent les critères du développement durable dans les modèles de gestion de stock. Par ailleurs, la logistique inverse a aussi fait l'objet de plusieurs travaux. [4] propose plusieurs études d'optimisation des flux directs et de retour à travers plusieurs études de cas avec Carrefour, Danone et PSA.

## 3 Multiple Criteria Decision Aid

L'objectif est de développer et/ou d'étudier des modèles de préférence utiles pour l'aide à la décision dans le cas où plusieurs critères sont à considérer. Il s'agit d'étudier des modèles de préférence utilisés dans les méthodes d'aide multicritère à la décision, la conception de méthodes d'élicitation de paramètres préférentiels pour ces méthodes, le développement de nouvelles méthodes d'aide à la décision et leur validation dans le cadre d'applications réelles.

L'originalité de ce projet de recherche réside avant tout dans l'introduction de préoccupations liées à l'aide à la décision en modélisation des préférences. Une attention particulière est accordée aux aspects suivants :

- l'étude de modèles multicritère de préférence qui tolèrent l'intransitivité et l'incomparabilité,
- l'analyse expérimentale du comportement décisionnel,
- la mise en œuvre pratique de ces modèles à l'aide de techniques d'élicitation appropriées,
- l'explications et l'argumentations des recommandations issues des modèles d'aide à la décision.

Des travaux ont été développés dans le domaine de la régression ordinaire robuste et l'élicitation indirecte de modèle multicritère de décision. Ces travaux se placent dans le cadre où les modèles de décision sont fondés sur la construction d'une relation de surclassement. Dans ce cadre, des méthodologies d'élicitation ont été proposées pour des méthodes de classement ou de tri multicritère. [10] aborde le problème de l'inférence de modèles multicritères de tri de type Electre Tri et traite plus généralement

de la désagrégation de modèles multicritères fondés sur l'utilisation de profils de référence.

Nous avons aussi proposé des outils d'élicitation lorsque le modèle de préférence sous-jacent est une fonction d'utilité ou un ensemble de fonctions d'utilité. Des méthodologies de régression ordinaire robuste fondées sur un ensemble de fonction d'utilité ont été proposées pour le tri et le rangement multicritère.

Des travaux ont été proposés dans le domaine de l'explication et de l'argumentation pour rendre la formulation des recommandations issues des modèles plus convaincantes pour le décideur. [13] propose une méthodologie d'explication basée sur l'extension de la méthode Even Swaps. L'idée est de présenter des explications simples et intuitives sans faire référence au modèle de décision qui peut être parfois trop technique pour un décideur. Le problème de la construction d'explications minimales notamment dans le cadre de problèmes de décision avec des préférences incomplètes a aussi été abordé [12]. Sur ce plan, le lien avec l'Intelligence Artificielle (IA) et la théorie de l'argumentation conduisent à des travaux particulièrement innovants. Une solution empruntée au domaine de l'IA est de se baser sur les arguments échangés.

Un autre aspect important de l'élicitation concerne le cas où le modèle développé est destiné à un groupe de décideurs et non un seul. [9] traite des questions associées à l'élicitation multi-décideurs et aborde l'élicitation de modèles de décision de groupe dans le contexte de la régression ordinaire robuste.

Une perspective nouvelle dans l'élicitation des préférences tient au fait que le volume des données à traiter peut fortement croître (application web, système de recommandations). Cette perspective rapproche l'élicitation des préférences du champ preference learning en intelligence artificielle. Deux workshops DA2PL ont été organisés par l'équipe en 2012 et 2014 rassemblant les deux communautés. Des résultats très prometteurs de l'extension "big data" pour l'élicitation d'un modèle de tri MR-Sort (thèse d'O. Sobrie) et de classement s6RMP (thèse J. Liu) y ont été présentés.

L'analyse empirique du comportement décisionnel est aussi un axe de développement substantiel. Le doctorat de Stéphane Deparis [11] a, en particulier, contribué à étudier le lien entre le conflit multicritère et l'expression de préférences.

## 4 Rayonnement et valorisation

Entre 2010 et 2014, l'équipe a cumulé 2325 citations dans des articles référencés Web of Science et le h-index de l'équipe est de 33, source Web of Science au 05/12/2014. Ces éléments traduisent la bonne visibilité des résultats de l'équipe.

Sur la période 2010-14, trois habilitations à diriger des recherches et 18 thèses ont été soutenues (durée moyenne : 42 mois). Ces 18 doctorats ont donné lieu à 30 publications dans des revues internationales (soit 1.66 article par thèse). Huit parmi les doctorants ou post-docs de l'équipe ont obtenu un poste d'enseignant chercheur permanent (maître de conférences ou équivalent) en France (pour 3 d'entre eux) ou à l'étranger (pour 5 d'entre eux).

De plus, l'équipe a une expérience significative de collaboration étroite avec des partenaires industriels. Cela contribue à mettre en pratique dans les organisations partenaires des processus et des pratiques innovantes en matière d'optimisation et d'organisation de la production, de logistique, de distribution. Un élément emblématique de la relation partenariale avec l'industrie est constitué par l'existence de deux chaires industrielles. La chaire Supply Chain (SC, Chengbin Chu, 2008-2013, renouvelée en 2013) et la chaire Manufacturing & Logistics Management (M&LM, Evren Sahin, 2013-2018).

Le projet Decision Deck ([www.decision-deck.org](http://www.decision-deck.org)) coordonné par Vincent Mousseau vise à développer des composants logiciels open source implémentant des méthodes d'aide multicritère à la décision.

## Références

- [1] L. Aboueljinane. *Evaluation et amélioration des performances des systèmes d'aide médicale urgente : application au SAMU du département du Val-de-Marne*. PhD thesis, Ecole Centrale Paris, 2014.
- [2] B. Legros. *Développement et analyse de modèles flexibles de centres d'appels*. PhD thesis, Ecole Centrale Paris, 2014.
- [3] E. Benzarti. *Home health care operations management : Applying the districting approach to home health care*. PhD thesis, Ecole Centrale Paris, 2012.
- [4] E. Goudenege. *Développement de modèles d'optimisation de flux en reverse logistique - Applications aux contenants réutilisables*. PhD thesis, Ecole Centrale Paris, 2013.
- [5] C. Kouki. *Perishable Items Inventory Management and the Use of Time Temperature Integrators Technology*. PhD thesis, Ecole Centrale Paris, 2010.
- [6] A. El Omri. *Cooperation in Supply Chains : Alliance Formation and Profit Allocation among Independent Firms*. PhD thesis, Ecole Centrale Paris, 2009.
- [7] S. Ben Salem. *Gestion robuste de la production électrique à court terme*. PhD thesis, Ecole Centrale Paris, 2011.
- [8] Y. Bouchery. *Supply Chain Optimization with Sustainability Criteria*. PhD thesis, Ecole Centrale Paris, 2012.
- [9] O. Cailloux. *Elicitation indirecte de modèles de tri multicritère*. PhD thesis, Ecole Centrale Paris, 2012.
- [10] J. Zheng. *Preference elicitation for reference based aggregation models : algorithms and procedures*. PhD thesis, Ecole Centrale Paris, 2012.
- [11] S. Deparis. *Etude de l'effet du conflit multicritère sur l'expression de préférences : une approche empirique*. PhD thesis, Ecole Centrale Paris, 2012.
- [12] C. Labreuche, N. Maudet and W. Ouerdane. Justifying dominating options when preferential information is incomplete, *European Conference on Artificial Intelligence (ECAI'12)*. 486-491, 2012.
- [13] C. Labreuche, N. Maudet, V. Mousseau and W. Ouerdane. Explanation of the robust additive preference model by even swap sequences, *Proceedings of the 6th Multidisciplinary Workshop on Advances in Preference Handling (MPREF 2012)*. 2012.

## Vie de l'association

### **ROADEF 2015**

communiqué par Lyes Benyoucef

#### **Présentation**

Le congrès de la ROADEF est l'événement annuel majeur dans cette communauté. Il permet de regrouper chaque année dans une ville différente en France (Paris, Tours, Lille, Grenoble, Clermont Ferrand, Nancy, Toulouse, Saint Etienne, Angers, Troyes, Bordeaux, ...) des universitaires et des industriels issus de plus de 20 pays différents (France, Belgique, Suisse, Italie, Algérie, Tunisie, Maroc, Irlande, Royaume-Uni, Brésil, Canada, Croatie, Singapour, Arabie-Saoudite, ...). Aix-Marseille Université organise ce prestigieux événement en 2015, avec :

- Des présentations en sessions plénières de chercheurs mondialement reconnus comme Prof. Claudia Sagastizabal (Brésil), Prof. Silvano Martello (Italie), Prof. Christian Prins, Prof. El-Gazali Talbi et Prof. Stéphane Dauzère-Pérès de France.
- De nombreuses communications de chercheurs et d'industriels, regroupées en sessions autour de thèmes riches et variés tels que la théorie des graphes, l'optimisation combinatoire, la programmation mathématique, la décision multicritères, la théorie des jeux, etc. et appliquées aux domaines comme l'automobile, l'énergétique, la logistique, l'informatique, le développement durable.
- De nombreux industriels et sociétés savantes sur des stands (PGMO, GDF SUEZ, Schneider Electric, Orange, SNCF, EUROCONTROL, EURODECISION, Air Liquide, Heurisis, et bien d'autres).

#### **Objectifs et public visé**

Cette édition de ROADEF vise à aligner les dernières pratiques et avancées des méthodes de recherche opérationnelle (RO) et d'aide à la décision (AD) dans des domaines comme la recherche opérationnelle, la productique, les sciences de l'information, l'économie, le génie industriel, etc... Une attention particulière sera portée sur les avancées dans les domaines de la RO et Internet, la RO et santé et la RO et entreprises en réseaux.

Le public visé regroupe les chercheurs francophones en recherche opérationnelle et aide à la décision, en génie industriel, génie logistique, sûreté de fonctionnement, etc. et les industriels locaux et nationaux dans des secteurs d'activités comme l'aéronautique, l'aérospatial, les industries agroalimentaires mais aussi l'industrie chimique, le secteur hospitalier, ou encore le secteur nucléaire. Le comité d'organisation a reçu un total de 290 articles (résumés + articles étendus) dont 266 acceptés. L'ensemble des soumissions couvre les 12 courants thématiques du congrès ainsi que les 17 sessions spéciales.

Au plaisir de vous voir très nombreux parmi nous à Marseille.

Lyes Benyoucef et Jean-Claude Hennet  
Co-présidents du comité d'organisation de ROADEF2015

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

communiqué par Safia Kedad-Sidhoum

Les vainqueurs du challenge ROADEF/EURO 2014 sont Mirsad Buljabašić, Haris Gavranović, Saïd Hanafi et Michel Vasquez (Université Internationale de Sarajevo, Université de Valenciennes et du Hainaut Cambrésis et Ecole des Mines d'Alès). Ils remportent un prix de 7000 € qui récompense les résultats qu'ils obtiennent pour résoudre un problème proposé par la SNCF. Le sujet portait sur le routage, le stockage et la maintenance des rames dans des sites ferroviaires.



FIGURE 1 – Vainqueurs du challenge 2014

Trente-six équipes provenant de vingt pays ont participé à cette compétition. Les résultats finaux ont été annoncés à la session de clôture de la conférence IFORS 2014 en Juillet à Barcelone. Trois sessions spéciales furent consacrées au challenge lors de cette conférence. Les nouveautés de l'édition du challenge 2014 sont d'une part la mise en place de deux phases de sprints qui ont permis la mise à disposition de résultats sur des lots d'instances à l'ensemble des équipes participantes avant la clôture de la phase de qualification et d'autre part la remise d'un prix scientifique soutenu par la ROADEF et EURO.

Le premier prix junior (4 000 €) a été remporté par Hugo Joudrier et Florence Thiard du Laboratoire G-SCOP - Institut National Polytechnique de Grenoble (INPG). Un prix scientifique (2 000 €) a été décerné à Hadrien Cambazard et Nicolas Catusse du Laboratoire G-SCOP - Institut National Polytechnique de Grenoble (INPG). Un prix special (1 000 €) a été remporté par Nicolas Teypaz de Probayes SAS. Une issue spéciale de la revue *Annals of Operations Research* est ouverte pour que les concurrents du challenge puissent publier leurs travaux. Les résultats et scores sont accessibles sur le site du challenge en suivant le lien :

<http://challenge.roadef.org/2014/files/AwardsChallenge.pdf>.

Rendez-vous à ROADEF 2015 à Marseille pour l'annonce du prochain sujet !

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

## Vie du GdR RO et de ses groupes de travail

### GDR RO : Bilan 2014, Perspectives 2015

par Alain Quilliot

#### • *Evènements Majeurs 2014*

Le GDR RO ayant été renouvelé en 2013 par le CNRS, **pour une durée de 2 ans**, l'effort en vue de centrer l'activité du GDR sur "Animation et Structuration" a été poursuivi en 2014, au travers :

- de la consolidation de l'activité du GDR en 3 pôles et création de nouveaux groupes de travail :
  - o Fondements/Méthodes Optimisation Combinatoire/Continue (M.BAIOU, V.PASCHOS) : création des groupes de travail AGAPE : Approximation, Programmation Mathématique, R.O et Graphes, consolidation groupe Optimisation de Réseaux
  - o Problèmes Opérationnels (J.CARLIER, P.SEMET) : création des groupes de travail Lot Sizing, ROSA : RO/Santé, POOPT : Optimisation de Ressources/Systèmes Distribués, R.O et Systèmes Intégrés, consolidation groupe GO-THA
  - o Décision, Modélisation, Evaluation (D.BOUYSSOU, A.JEAN-MARIE) : création des groupes de travail Théorie Algorithmique de la Décision et des Jeux, Contrôle Optimal Stochastique
- du processus de refonte et rajeunissement de la Gouvernance avec l'arrivée, au niveau du Comité de Direction de Jean-Charles BILLAUT (Directeur Adjoint), Lucie GALLAND (Jeunes), Christelle GUERET (Relations Industrielles), Mourad BAIIOU (Pôle Fondements et Méthodes) et, au niveau du Conseil Scientifique, de Emmanuel HYON (Stochastique), Aziz MOUKRIM et Imed KACEM (Problèmes Opérationnels).
- de l'amorce d'échanges avec les GDR MACS (Journée Industrielle) et IM (R.O/Graphes)

Le GDR R.O a par ailleurs été porteur français, au niveau de son pôle "Modèles et Méthodes" (M.DEMANGE), d'un projet Européen de type P.M.CURIE-RISE sur le management des feux de forêts. Quoique finalement non retenu, ce projet a franchi les premières barrières de l'évaluation, et pourrait constituer un point de départ pour des actions à l'International.

Il a enfin organisé :

- une "Journée Industrielle" : à l'ENSAM, le 03/12, en partenariat avec le GDR MACS : 8 intervenants, 70 participants, avec comme entreprises intervenants : SCHNEIDER ELECTRIC, BOUYGUES, ALSTOM-ENERGIE, SNCF, AIR LIQUIDE, DECISIONBRAIN, QUINTQ-DASSAULT SYSTEMS et RENAULT.
- un Atelier Evaluation des Performances (Alain JEAN-MARIE) au Centre INRIA de Sophia-Antipolis du 11 au 13 juin 2014.
- le financement de 4 bourses Mobilité Jeunes de 500 Euros, pour l'aide à la mobilité de jeunes doctorants dans des laboratoires étrangers.
- une présentation/débat à propos du GDR RO et de ses groupes de travail en session spéciale (2 h, transversal) de ROADEF 2014 à Bordeaux, 25 février 2014.
- une Présentation/Débat à propos du GDR RO et de ses groupes de travail en session spéciale (1 h, transversal) de RMOSIM 2014 à Nancy, 05 novembre 2014.

#### • *Perspectives 2015*

L'année 2015 devrait en premier lieu être l'année d'un nouvel audit du GDR par le CNRS, avec en perspective, nous l'espérons, un renouvellement. Au plan de l'activité proprement dite, l'objectif sera **de confirmer la dynamique actuelle**, et, notamment, de renforcer la capacité du GDR à proposer une couverture de la R.O la plus complète possible, tant au plan scientifique que communautaire, et à recenser de la façon la plus précise possible le potentiel et les activités de Recherche en Recherche Opérationnelle, tant en laboratoires qu'en entreprises. Ceci signifie que certains groupes, de création récente, seront plus particulièrement suivis : R.O et Contraintes, à l'aune d'un possible rapprochement R.O/I.A ; R.O et Graphes, à l'aune des proximités R.O/ I.M ; Contrôle Optimal Stochastique ; et aussi que la possibilité de susciter des initiatives sur certains thèmes émergents et peu couverts (Pricing, Programmation Collaborative, Robustesse, SAT), sera envisagée.

Devrait aussi être organisée, en commun avec le GDR MOA, une Journée Industrielle autour des applications de la Programmation Mathématique.

Le GDR disposera en 2015 d'un "Espace GDR" à l'intérieur du colloque ROADEF 2015, programmé à Marseille. Cette espace donnera lieu, dans un premier temps, à une forme d'Assemblée Générale du GDR à laquelle succéderont un certain nombre de tutoriels dispensés par les porteurs de certains pôles ou groupes de travail, et conçus dans un esprit "Ecole Thématique", à focus large et ouvert.

Le **site web du GDR** est en cours de renouvellement, sous la responsabilité de Pierre FOUILHOUX. Il permet à présent l'introduction dynamique d'informations par les porteurs des groupes de travail et par les responsables de pôles, et cette

facilité devrait induire à la fois un plus grand rayonnement des groupes de travail et une communication accrue entre les différents acteurs du GDR. Dans le même état d'esprit, la **liste de diffusion du GDR** est en restructuration, de façon à permettre, selon les besoins, aux acteurs du GDR, d'échanger entre eux de façon ciblée, et de favoriser une meilleure identification **des potentiels et compétences Recherche impliqués dans le GDR**.

Le GDR ne considère encore l'International que comme un sujet annexe. Toutefois, sera examinée en 2015 la possibilité de **faire émerger un projet de GDRI, autour d'un des trois pôles du GDR**.

## Présentation du groupe

### AGAPE : Algorithmique à Garantie de Performance

communiqué par Evripidis Bampis

#### *Historique*

Le groupe "Algorithmique à Garantie de Performance" a été créé au début des années 2000 et a fonctionné de manière régulière jusqu'en 2008. Il a continué de 2009 à 2013 sous la forme d'un projet ANR (TODO - Time vs. Optimality in Discrete Optimization) impliquant les équipes fondatrices. En 2012-2013 dans le cadre d'une initiative thématique du GDR RO autour de la "Réoptimisation", la nécessité de refaire vivre le groupe en l'élargissant à d'autres chercheurs est devenue manifeste.

Principaux Laboratoires impliqués : IBISC, LAMSADE, LCOMS, LIG, LIMOS, LIP6, LIRMM, ESSEC.

#### *Objectifs Scientifiques*

L'objectif du groupe est d'étudier la résolution des problèmes difficiles par des algorithmes offrant des garanties de performance soit sur la qualité des solutions calculées, soit sur leurs temps d'exécution, soit sur la quantité de mémoire utilisée... Le domaine de l'algorithmique à garantie de performance met en synergie de nombreuses compétences issues en grande partie de la tradition scientifique de l'Optimisation Combinatoire et de l'Informatique Théorique : l'algorithmique, la théorie de la complexité, la programmation mathématique, les mathématiques discrètes et la combinatoire. Comme domaine scientifique, l'algorithmique à garantie de

performance puise dans la Recherche Opérationnelle et l'Informatique Théorique son inspiration, sa problématique et ses motivations, et rend à ces disciplines de nouveaux concepts et de puissants outils d'analyse et de résolution.

Les thématiques du projet AGaPe se déclinent en 4 axes principaux

- Approximation (polynomiale, modérément exponentielle, sous-exponentielle et paramétrée).
- Algorithmique sur des instances évolutives (algorithmique on-line, ré-optimisation, optimisation combinatoire probabiliste).
- Résolution exacte et paramétrée avec des bornes supérieures sur la complexité au pire des cas.
- Jeux algorithmiques et optimisation combinatoire.

#### *Actions à venir*

Le groupe envisage d'impliquer encore plus de chercheurs travaillant sur ces thématiques. Son fonctionnement sera structuré autour de deux réunions par an. Nous envisageons également la mise en place d'interactions avec d'autres groupes de travail du GDR RO (GO, POC, Gotha, TADJ,...) ou du GDR IM (GT CoA). Aussi, nous allons continuer à participer activement dans l'organisation de manifestations internationales notam-

ment à Paris. Les membres du groupe organiseront en 2015 la conférence CIAC 2015 (International Conference on Algorithms and Complexity) à

Paris-Dauphine et SEA 2015 (Symposium on Experimental Algorithms) à l'UPMC. Pour plus d'informations : <http://agape.lip6.fr>

## Présentation du groupe

### **Gotha : Groupe de recherche en Ordonnancement Théorique et Appliqué**

communiqué par Imed Kacem

Le GOTHa (Groupe de Recherche en Ordonnancement Théorique et Appliqué) s'est constitué dans les années 90, de manière informelle à l'initiative de Jacques Carlier et de Philippe Chrétienne. Après près d'une quinzaine d'années d'existence et une liste de diffusion toujours grandissante, le GOTHa s'est d'abord rattaché au GdR ALP fin 2002 puis au GdR RO du CNRS depuis le 1er janvier 2006. Le GOTHa a bénéficié d'un appui historique du LIP6 et les derniers animateurs en date ont été successivement Philippe Baptiste, Pierre Lopez, Francis Sourd et dernièrement Fanny Pascual appuyée par Safia Kedad-Sidhoum. Depuis 2014, le groupe est animé par Imed Kacem (LCOMS), appuyé par Antoine Jouglet (HEUDIASYC) et David Rivreau (LARIS).

Le GOTHa a pour but de faire se rencontrer chercheurs et industriels intéressés autour des problématiques d'ordonnancement, avec focus sur les aspects fondamentaux. Le GOTHa se démarque ainsi d'autres groupes thématiquement voisins, beaucoup plus orientés sur les applications spécifiquement associées à la gestion de production industrielle. Ainsi, le GOTHa a pour ambition de faire progresser la compréhension et la résolution des problèmes d'ordonnancement, de participer le transfert vers le monde industriel et de favoriser l'émergence de problématiques nouvelles en phase avec l'entreprise et les nouveaux enjeux sociétaux. Les activités du groupe comportent des réflexions sur des problèmes théoriques précis, l'écriture d'articles de synthèse ou d'ouvrages pédagogiques, mais aussi l'organisation de séminaires, de groupes de travail thématique et la diffusion d'informations.

Les équipes impliquées dans le groupe entretiennent souvent d'importants partenariats avec le monde des entreprises. Certaines d'entre elles ont par exemple, de façon relativement récente, passé des contrats avec des entreprises telles que SFRI, CEA, Digiteo, chaire industrielle Supply-Chain ECP-CARREFOUR-PSA-DANONE, ainsi que de nombreux accords CIFRE. Par ailleurs,

les laboratoires actifs dans GOTHa ont récemment participé à des projets institutionnels importants (exemples : ANR ROBOCOOP, ANR LMCO, ANR ATHENA, ANR Info-RSN, CNES-ROSETTA, FUI RCS Management, FUI VIPA-FLEET, PICS-CNRS). On peut également noter que les résultats obtenus par les équipes et les chercheurs impliqués dans le groupe sont régulièrement publiés dans des revues internationales du premier ordre (exemples : Journal of Scheduling, ACM Transactions on Algorithms, Discrete Optimization, Journal of Combinatorial Optimization, INFORMS Journal on Computing, Naval Research Logistics, Discrete Applied Mathematics, SIAM Journals, Theoretical Computer Science, European Journal of Operational Research, RAIRO-OR). Les sujets de recherche étudiés couvrent à la fois les aspects théoriques et les applications industrielles. Ils sont de plus en plus associés à des problématiques interdisciplinaires et à des défis scientifiques et sociétaux majeurs (santé, compétitivité économique, performance industrielle, transport et environnement). Les rencontres du groupe et les journées dédiées sont fréquemment organisées, surtout depuis 2014. Ces événements couvrent diverses formes (journée thématique, session spéciale en lien avec des conférences, journée commune avec un autre groupe du GDR, etc.). Le contenu de toutes ces manifestations est disponible sur le site web du groupe qui a été récemment relogué.

Le groupe compte mettre en place la première édition des Journées Gotha (J-Gotha) dès 2015 (date à annoncer prochainement). Ces journées consistent en l'organisation d'une mini-conférence annuelle avec :

- 2 journées dédiées à des cours et des modules de vulgarisation en lien avec l'ordonnancement (dispensés par des conférenciers pléniers reconnus dans le domaine et ouverts à des doctorants et des jeunes chercheurs).
- 2 ou 3 journées des présentations des travaux de recherche (public prioritaire : doctorants

et jeunes chercheurs) en session plénière.

- 1 numéro spécial dans une revue partenaire (la RAIRO-OR par exemple) sur la base de la qualité des travaux.

Le groupe tient à remercier le GDR-RO ainsi que tous les laboratoires support pour leur soutien : CMP (Gardanne), GSCOP (Grenoble), Heudiasyc (Compiègne), IRCCyN (Nantes), LAAS (Toulouse), LAMIH (Valenciennes), LAMSADE (Pa-

ris), LARIS (Angers), LCOMS (Metz), LGI (Paris), LGIPM (Metz), LI (Tours), LIMOS (Clermont-Ferrand), LIP6 (Paris), LIRMM (Montpellier), LITIS (Rouen), LIX (Palaiseau), LOSI (Troyes). Il reste ouvert à toutes les propositions pour faire avancer des projets collaboratifs et des synergies scientifiques en lien avec les thèmes visés.

Pour en savoir plus : <http://gotha.lcoms.univ-lorraine.fr/>

## Présentation du groupe

### COS : Contrôle Optimal Stochastique

communiqué par Emmanuel Hyon

Le Groupe de Travail COS est un groupe du pôle DMPE (Décision Modélisation Prévision Évaluation) du GDR-RO. Ce nouveau groupe de travail a été créé en 2014. Il s'intéresse à des thématiques reliées aux modèles stochastiques (notamment les systèmes à événements discrets stochastiques) et aux méthodes d'optimisation associées (notamment le contrôle dynamique). Il est né du souhait de voir émerger une communauté scientifique structurée sur ce thème scientifique au sein de la recherche opérationnelle française comme cela existe à l'étranger. Nous cherchons à créer un espace de discussion qui soit orienté sur des aspects techniques (théoriques aussi bien que méthodologiques) plutôt que sur un domaine d'application particulier. En effet aujourd'hui le public intéressé par de telles questions quand il participe à des manifestations de R.O., se sépare en fonction des domaines applicatifs sur lequel il travaille.

Le groupe est coordonné par Ana Bušić (INRIA/Diogen) et Emmanuel Hyon (LIP6 et Université Nanterre) auxquels se joignent pour l'animation Pierre Coucheny (PRISM/UVSQ), Jean-Philippe Gayon (INP Grenoble/GSCOP) et Paul Weng (UPMC/LIP6). Notre groupe s'intéresse en particulier :

- au contrôle dynamique stochastique qui inclut notamment les processus de décision markoviens, les approches par les limites (champs moyens), et les techniques d'approximations ;
- à l'optimisation distribuée (Gibbs Sampling, théorie des jeux) ;
- aux techniques qui nécessitent apprentissage du contexte et optimisation (bandits, politiques d'index) ;

- à la modélisation et au contrôle dans les files d'attente ;
- et aux outils logiciels dédiés.

Les enjeux théoriques de ces axes sont principalement reliés à la réduction de l'explosion combinatoire et à la gestion des effets du passage à l'échelle. Les techniques que nous utilisons s'appliquent à des domaines variés tels que les réseaux de communication, les systèmes de maîtrise de l'énergie (smart GRID) et le Revenu Management (gestion de stock, chaîne logistique...). Après recensement des différents chercheurs intéressés au cours du premier semestre, une journée de lancement a été organisée le 14 novembre 2014 à Jussieu. Cette journée a permis de réunir une vingtaine de chercheurs autour des présentations suivantes : Liliana Cucu-Grosjean (INRIA/Aoste) "*Probabilistic Real-time System*"; Maialen Larrañaga (LAAS) "*Dynamic fluid-based scheduling in a multi-class abandonment queue*" et Jean-Philippe Gayon "*Linear programming formulations for queueing control problems with action decomposability*". Ainsi que Vincent Leclère (ENPC/Cermics) "*Decomposition Methods in Stochastic Optimization : Application to Hydroelectric Valley Management*" et Nicolas Gast (INRIA/Mescal) "*Impact of Demand-Response on the Efficiency and Prices in Real-Time Electricity Markets*". Enfin une session problèmes ouverts autour du problème présenté par Alain Jean-Marie (INRIA/Maestro) "*Prefetching Control for On-Demand Contents Distribution : A Markov Decision Process Model*".

Notre but pour les années futures est de pérenniser ce groupe de travail. Nous chercherons à organiser des réunions de préférence sur des aspects techniques précis et d'autre part à initier des croise-

ments entre les thématiques en regardant comment des techniques appliquées dans un domaine pourraient se transposer dans un autre. Nous pensons également proposer une session dédiée à ces thématiques aux futures conférences ROADEF.

Toute information complémentaire pourra être trouvée sur la page web (<http://www-poleia.lip6.fr/~fouilhoux/gdrro/?q=node/78>) du groupe. Toute personne intéressée peut contacter l'un des coordinateurs.

---

## Journées Franciliennes de Recherche Opérationnelle

---

compte-rendu communiqué par Amélie Lambert

**Compte rendu de la 32<sup>ème</sup> journée JFRO.** La 32<sup>ème</sup> édition des journées Franciliennes de Recherche Opérationnelle s'est déroulée le lundi 17 novembre 2014 dans les locaux du Conservatoire National des Arts et Métiers (CNAM). Cette journée avait pour thème "Programmation stochastique". Elle a accueilli une quarantaine de participants. Quatre orateurs avaient accepté de faire un exposé. Ils ont présenté leurs travaux portant sur des méthodes de résolution de problèmes stochastiques. A la différence des problèmes déterministes, dans ces problèmes les valeurs de tous les paramètres ne sont pas connues au départ, et certaines valeurs de ces paramètres peuvent être révélées au cours des étapes de décision.

La journée a commencé par un tutoriel, donné par **Michel de Lara** (CERMICS - Ecole des Ponts-ParisTech), présentant l'optimisation stochastique, à la fois comme un cadre pour formuler des problèmes sous incertitude, et comme des méthodes pour les résoudre selon la formulation retenue. Le premier exposé de l'après-midi a été donné par **Céline Gicquel** (LRI, Université Paris Sud), présentant un problème de planification de production lorsque la demande du client est incertaine. Ce problème peut se modéliser par un programme stochastique sous contraintes de probabilité jointes. L'oratrice a présenté une extension de la méthode "sample approximation", sous certaines hypothèses, où l'introduction de variables binaires n'est plus nécessaire pour reformuler le problème initial. Le deuxième exposé donné par **Francis Sourd** (Sun'R Sme) présentait le projet SunHydrO qui vise à développer un nouvel agrégateur d'énergies renouvelables qui, en s'appuyant sur des moyens de flexibilité, tels que le stockage gravitaire décentralisé, valorisera directement sur les marchés de l'électricité des énergies renouvelables décentralisées. L'optimisation stochastique jouera un rôle prépondérant dans cette valorisation au quotidien. Enfin, le dernier exposé a été donné par **Oana Stan** (CEA), présentant certaines techniques de résolutions de l'optimisation stochastique, pour la construction de chaînes de compilation dans les systèmes embarqués. En effet, avec l'arrivée des architectures multi-cœurs, le processus de compilation est de plus en plus complexe pour générer des codes performants qui exploitent au mieux des ressources limitées. Dans ces problèmes, l'optimisation sous incertitude apporte une meilleure maîtrise à la fois de la fiabilité des systèmes temps réel critiques, et du dimensionnement des systèmes temps réels non critiques.

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

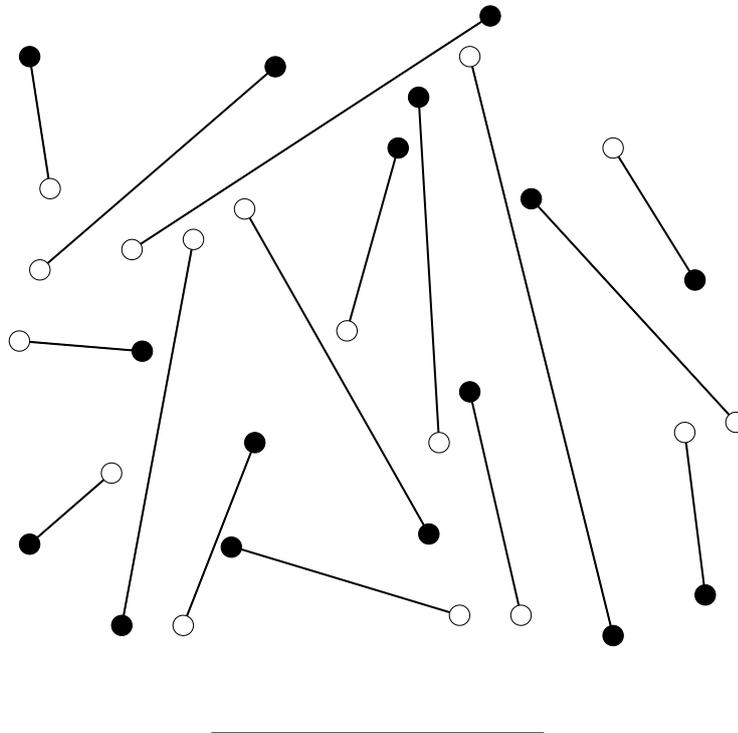
## Enigme

### Les points noirs et blancs

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

Soient  $2n$  points en position générale dans le plan. La moitié des points sont noirs, les autres sont blancs.

Peut-on toujours tracer  $n$  segments reliant chacun son point noir à son point blanc, sans aucun croisement ?



*Solution de l'énigme du bulletin n°32 :*

Si l'on ne distingue pas les fourmis entre elles, la situation est équivalente à celle où nos fourmis sont fantômes, c'est-à-dire qu'elles peuvent se croiser sans avoir à partir dans la direction opposée. Il est alors clair qu'après une seconde elles ont toutes chuté.

## Rejoindre la ROADEF

### Rôle de ROADEF

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

### Cotisations 2015

Les cotisations pour l'année 2015 sont les suivantes :

- membre actif ..... 57 euros
- membre étudiant ..... 15 euros
- membre institutionnel ..... 200 euros
- membre partenaire ..... 1000 euros

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

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

### Inscriptions

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

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

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

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

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

#### **Comité de rédaction :**

Laurent Alfandari, Luce Brotcorne, Sourour Elloumi, Frédéric Gardi,  
Nicolas Jozefowicz, Christophe Rapine, Olivier Spanjaard.

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

Olivier Spanjaard.

Ce numéro a été tiré à **313** exemplaires.

Les bulletins sont disponibles sur le site de la ROADEF.

# 4OR

A Quarterly Journal  
of Operations Research

**Editors-in-Chief**

Leo Liberti  
Thierry Marchant  
Silvano Martello

**Editorial Board**

Alessandro Agnetis  
Claudia D'Ambrosio  
Jacek Blazewicz  
Yves Crama  
Stéphane Dauzère-Péres  
Gianni Di Pillo  
Matthias Ehrgott  
Matteo Fischetti  
Michel Grabisch  
Simge Kucukyavuz  
Abdel Lisser  
François Louveaux  
Michele Monaci  
Vincent Mousseau  
Alix Munier  
Raffaele Pesenti  
Marc Pirlot  
Romeo Rizzi  
Marc Sevaux  
Maria Grazia Speranza  
Joline Uichanco  
Peter Van de Ven  
Mutsunori Yagiura

**Senior Editors**

Philippe Baptiste  
Denis Bouyssou  
Frank Plastria

INVITED SURVEY

**Simulation optimization: a review of algorithms and applications**  
S. Amaran · N.V. Sahinidis · B. Sharda · S.J. Bury 301

RESEARCH PAPERS

**A distribution free approach to newsvendor problem with pricing**  
S.A. Raza 335

**Approximating the length of Chinese postman tours**  
N. Bostel · P. Castagliola · P. Dejax · A. Langevin 359

**A short note on the robust combinatorial optimization problems with cardinality constrained uncertainty**  
T. Lee · C. Kwon 373

INDUSTRY

**A Davidson College multi-objective assignment problem: a case study**  
T.P. Chartier · V. Ellison · A.N. Langville 379

ERRATUM

**Erratum to: Internet shopping with price-sensitive discounts**  
J. Blazewicz · P. Bouvry · M.Y. Kovalyov · J. Musial 403

ACKNOWLEDGEMENTS

**Acknowledgement to referees** 407

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

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

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

