

# Bulletin

Groupe d'études et de recherche  
en analyse de décisions

GERAD

## « La recherche sera multidisciplinaire ou ne sera pas! »

Roland Malhamé



« En somme, c'est l'amitié et la science qui m'ont attiré vers le GERAD » dit Roland Malhamé, directeur du GERAD depuis juin 2005. Pour ce premier directeur à venir de ce qu'il appelle, lui-même, le génie « dur », du « hardware » – les directeurs précédents venaient principalement des disciplines reliées aux méthodes quantitatives –, le GERAD jouit à la fois d'une grande convivialité et d'un grand prestige scientifique et tout se passe sans grande fanfare. Sa force se trouve dans son caractère multidisciplinaire et multi-universitaire ainsi que dans son rayonnement international, thèmes qu'il entend privilégier au cours du mandat de quatre ans qu'il entame. Rencontre.

« Georges Zaccour nous lègue un GERAD en excellente santé financière, observe Roland Malhamé; il a su nous galvaniser et nous faire croire que ses projets, à première vue un peu fous, étaient en fait du domaine du possible, en particulier l'édition de dix volumes de contributions scientifiques sur les diverses thématiques du GERAD à l'occasion du 25<sup>e</sup> anniversaire de sa création. Le premier défi des quatre prochaines années sera donc de maintenir les acquis légués par Georges. »

S'il y a une idée qui semble guider le nouveau directeur du GERAD, c'est celle de bâtir sur la multidisciplinarité inhérente au GERAD qui, en soi, situe le centre de recherche à l'avant-garde des tendances en recherche scientifique. « À l'avenir, la recherche sera multidisciplinaire ou ne sera pas! » insiste-t-il. Le profil du chercheur aujourd'hui, n'est pas celui qui nous a peut-être attirés vers le milieu universitaire, soit le chercheur un peu distrait travaillant seul dans son coin et faisant des découvertes. Aujourd'hui, le chercheur devient un peu entrepreneur, visant le maximum de maillage, d'échanges et de collaborations dans des disciplines très variées, autant avec des collègues qu'avec l'industrie.

Suite à la page 12...

[bulletin@gerad.ca](mailto:bulletin@gerad.ca)

### SOMMAIRE

Gilbert Laporte.....	3
Alain Hertz.....	4
Odile Marcotte.....	5
David Avis.....	6
Vašek Chvátal.....	7
Le 25 <sup>e</sup> anniversaire	10, 11

## Parcours d'un directeur du GERAD

**Roland Malhamé** est professeur à l'École Polytechnique depuis 1985. Diplômé de l'Université américaine de Beyrouth, il fait ses études doctorales au Georgia Institute of Technology, avec un majeur (major) en génie électrique et un mineur (minor) en mathématiques. Cette multidisciplinarité obligatoire de Georgia Tech explique en partie l'orientation qu'il souhaite privilégier comme directeur du GERAD (voir l'article p. 1). Environ deux ans après son arrivée à l'École Polytechnique, il adhère au GERAD en raison notamment de l'amitié et de l'admiration intellectuelle qu'il porte pour le directeur et fondateur Alain Haurie ainsi que pour deux futurs directeurs du GERAD, Richard Loulou et François Soumis. Mais c'est une collègue et amie, alors professeure à Polytechnique, Catherine Rosenberg, aujourd'hui Chef de département (Génie électrique) à Waterloo, qui a porté son dossier comme candidat au GERAD.

Le nouveau directeur dit avoir été marqué, dès ses études au niveau secondaire, par un livre de vulgarisation scientifique (reçu comme prix de mathématiques) qui traitait – curieusement d'ailleurs – de la recherche opérationnelle et de la théorie des probabilités. Il s'est passionné pour la loi des grands nombres : du chaos d'actions indépendantes semblaient émerger un ordre et une prévisibilité. Faisant écho à cette fascination, son sujet de thèse tournera autour de la construction de modèles de charges électriques à base physique, la méthodologie s'inspirant des méthodes de la mécanique statistique : « À partir d'une description bien établie du comportement aléatoire des charges individuelles, précise-t-il, nous étions en mesure de synthétiser le comportement macroscopique de l'agrégat de ces charges en nous fondant sur la loi des grands nombres. » La table était donc bien mise pour accueillir l'approche des méthodes de recherche opérationnelle. D'où, doit-on conclure, son intérêt pour le GERAD.

*Suite à la page 9...*



## NOUVELLES BRÈVES

**GILBERT LAPORTE**, membre du GERAD, professeur titulaire à HEC et titulaire de la Chaire de recherche du Canada en distribution, s'est vu décerner deux prix importants en 2005. En août 2005, il a reçu le prix Glover-Klingman 2004 pour le meilleur article publié dans la revue *Networks* en 2004 : « The Ring Star Problem: Polyhedral Analysis and Exact Algorithm ». Il partage le prix avec ses coauteurs Martine Labbé, de l'Université libre de Bruxelles (Belgique), et Juan José Salazar González et Inmaculada Rodríguez Martín, tous deux de l'Universidad de La Laguna (Espagne). De plus, Gilbert Laporte a mérité le prix Pierre-Laurin 2005 qui récompense la production de recherche effectuée au cours des trois dernières années.

Les **JOURNÉES D'OPTIMISATION 2005** ainsi que les célébrations du 25<sup>e</sup> anniversaire ont connu un franc succès. Du 9 au 11 mai 2005, 393 personnes ont participé aux Journées d'optimisation, un événement annuel organisé en alternance par le GERAD et le Centre de recherche sur les transports (CRT). Ensuite, du 11 au 13 mai, près de 220 personnes ont pris part aux activités entourant le 25<sup>e</sup> anniversaire du GERAD.

**L'ÉCOLE D'ÉTÉ 2006** sur la Génération de colonnes, organisée par Guy Desaulniers et Jacques Desrosiers, se tiendra du 15 au 19 mai 2006. **G**

## L'optimisation combinatoire au GERAD

En plus de présenter Roland Malhamé, le nouveau directeur du GERAD et le sixième dans la lignée depuis le début du centre, ce numéro est dédié à l'optimisation combinatoire. Il s'agit d'un des domaines à la fois classique et d'excellence (à l'échelle planétaire) du GERAD. Pour prouver la justesse de cet énoncé, et surtout m'éviter de participer à cette inflation ambiante dans l'utilisation de ces termes, il me faut une preuve.

Une première option serait d'énumérer les réalisations sur les plans théoriques, algorithmiques et pratiques de nos chercheurs. Je ne le ferai pas, parce que la liste est vraiment longue et parce que cette information est largement disponible dans nos rapports annuels et dans les c.v. et pages Web de nos chercheurs, qui sont du domaine public. En optimisation, on n'apprécie pas la redondance!

Une deuxième option, qui est, je le sais, loin d'être intellectuellement satisfaisante, serait de montrer l'excellence à partir d'une mesure d'intrant, par exemple les subventions de recherche obtenues. En fait, je me suis posé la question simple suivante : combien d'heures ont été dédiées au GERAD à l'analyse de problèmes d'optimisation combinatoire? La réponse est (c'est une borne inférieure) 396 000 heures! En effet, une quinzaine de chercheurs ont pour activité principale ce champ d'étude. En supposant que chacun passe 20 heures par semaine, 48 semaines par année, depuis (en moyenne) 15 ans, on obtient le nombre d'heures de la catégorie professeurs. À ce nombre, il faut ajouter l'effort des étudiants. Si chaque professeur a encadré 20 étudiants et que chacun de ces derniers a travaillé 600 heures, on a le compte!

Le *Bulletin* a rencontré un sous ensemble de ces chercheurs. David Avis, Alain Hertz, Gilbert Laporte, Odile Marcotte et Vašek Chvátal ont en commun une passion pour l'optimisation combinatoire qu'ils transmettent jour après jour à leurs étudiants. Ils sont aussi tous de classe mondiale.

Bonne lecture!

**Georges Zaccour** **G**

# Optimisation combinatoire : Pourquoi appeler **un chat un chat**?

En rencontrant cinq spécialistes de l'optimisation combinatoire, nous avons décidé d'utiliser la méthode heuristique pour tenter de définir la bête, l'idée étant qu'avec cinq définitions nous nous approcherions d'une définition optimale, sans prendre trop de temps ni trop d'espace. Voici donc des définitions de l'optimisation combinatoire données à brûle-pourpoint.

**Gilbert Laporte** : il s'agit d'un ensemble de problèmes fortement structurés et de très grande taille, structuré en ce sens que ce sont des problèmes qui ont des structures de permutations (ex., horaires de cours, itinéraires de véhicules). L'objectif est de trouver la meilleure permutation parmi des milliards et des milliards de possibilités, des chiffres dépassant notre capacité de compter.

**Alain Hertz** : une branche des mathématiques discrètes, par opposition aux mathématiques continues, dans laquelle on cherche une solution optimale parmi un nombre de solutions qu'on peut énumérer mais où l'énumération brute prendrait des siècles.

**Odile Marcotte** : l'étude de méthodes qui permettent de trouver la meilleure solution, qui peut-être exprimée par une suite finie de nombres entiers, parmi un ensemble de solutions définies par des contraintes et qui sont finies, soit discrètes.

**David Avis** : D'abord, l'optimisation consiste à modéliser un problème où certaines possibilités sont faisables ou permises; parmi celles-ci, nous avons un objectif que nous modélisons comme une fonction; cette fonction est optimisée par rapport à un ensemble de possibilités. Le résultat est une solution continue. En optimisation combinatoire, par contre, la solution doit être discrète, en nombre entiers, parce qu'on ne peut pas avoir une fraction d'un vol d'avion ou un horaire qui oblige l'étudiant est à deux endroits en même temps. Malgré l'apparence, le caractère discret rend le problème plus complexe.

**Vašek Chvátal** : Pour les scientifiques, je la définirais comme suit : « Les problèmes en optimisation combinatoire ont pour objectif de maximiser (ou de minimiser) une fonction donnée sur un sous-ensemble d'un espace euclidien dont les éléments possèdent un sens combinatoire, leur appartenance au sous-ensemble en question étant déterminée par un oracle de vérification efficace. »

Tout en étant différentes, ces définitions se rejoignent, mais pour éclaircir le sujet, et appeler un chat un chat, prenons la définition de R.P. Boss citée dans un ouvrage de Vašek Chvátal :

« Supposons que nous voulons enseigner le concept du *chat* à un enfant. Est-ce qu'on dirait qu'un chat est un mammifère relativement petit, principalement carnivore, ayant des griffes rétractiles, un son distinctif, etc.? Je gage que non. Probablement, on lui montrerait plusieurs chats différents tout en répétant " Regarde! Un chat, un chat, un chat ", jusqu'à ce qu'il saisisse l'idée. En d'autres mots, la meilleure façon de généraliser est d'établir une abstraction à partir de l'expérience. »

Dans le cas qui nous concerne, on pourrait appeler un « chat » des sujets aussi variés que le calendrier et l'itinéraire d'un nouveau spectacle du Cirque du Soleil, le calendrier des ligues du baseball majeur, le programme des visites à domicile des infirmières du CLSC Côte-des-Neiges, l'itinéraire des véhicules de transport adapté, les itinéraires d'une flotte d'avions et l'horaire de travail de leurs équipages, l'assignation de fréquences en téléphonie cellulaire, et ainsi de suite.

Les articles qui suivent tenteront de démontrer le grand intérêt scientifique, économique, commercial et intellectuel que représentent les travaux en optimisation combinatoire, un domaine où Montréal compte la plus importante concentration de chercheurs au monde. **G**

## La puissance de l'**ordinateur** jumelée à la puissance du **cerveau humain**

Discuter de l'optimisation combinatoire avec **Gilbert Laporte**, c'est comme discuter de l'astrophysique avec Hubert Reeves : par la perspective historique qu'il dresse, jumelée aux exemples donnés, il présente ce domaine de la recherche opérationnelle de sorte que même les profanes puissent espérer en comprendre les grandes lignes. Gilbert Laporte est membre du GERAD depuis sa fondation, professeur à HEC, titulaire de la Chaire de recherche du Canada en distributique et membre et ancien directeur du Centre de recherche sur les transports.

D'abord, la perspective historique. L'optimisation combinatoire est une jeune discipline, existant depuis le début des années 1960. Ce n'est pas un hasard d'ailleurs qu'elle ait pris son envol dans la foulée de la création des premiers ordinateurs à partir de 1950. Car la binarité de l'optimisation combinatoire rend tout difficile, c'est-à-dire, la solution n'est pas continue, mais doit être en nombres entiers : 0 ou 1, on fait quelque chose ou on ne le fait pas, la fraction étant impossible. Ainsi, on peut énumérer les solutions, mais cette énumération dépasse les capacités de l'être humain, qui ne peut compter jusqu'à un million. Les solutions, quant à elles, se chiffrent dans les milliards.


« Avant l'ordinateur, observe Gilbert Laporte, on ne s'intéressait pas vraiment à ce genre de problèmes, parce que c'était trop difficile. Pour trouver la meilleure solution, il fallait dépasser les méthodes énumératives. Le mérite des chercheurs en optimisation combinatoire est de trouver des méthodes qui permettent de limiter l'énumération. Voilà donc le rôle des algorithmes mis au point par les chercheurs, qui sont des processus de solution qui essaient d'énumérer les solutions les plus prometteuses en évitant celles qui sont inintéressantes. »

La puissance des ordinateurs est jumelée à celle des algorithmes, mais dans les deux cas, cette puissance arrivera tôt ou tard aux limites supérieures : combien de fois peut-on décupler la vitesse des ordinateurs ou renforcer les algorithmes? Gilbert Laporte a confiance, toutefois, qu'il reste encore beaucoup de place à l'amélioration. À mesure que les outils s'améliorent, on regarde les problèmes autrement. C'est sous cet angle qu'il présente les deux grandes périodes de l'optimisation combinatoire. La première, de 1950 à 1985, a consisté à trouver une bonne solution par des méthodes heuristiques. Une fois la bonne solution trouvée, on s'arrêtait. Or dans la deuxième période, depuis 1985, on ne s'arrête pas à une bonne solution mais on continue à en chercher d'autres mais avec des règles, surtout depuis la création de méthodes de recherche avec tabous par Fred Glover. (Voir l'article sur Alain Hertz). On appelle ces nouvelles méthodes des *métaheuristiques*, terme que Gilbert Laporte n'affectionne pas particulièrement. Pour lui, il s'agit de mécanismes permettant de poursuivre la recherche au-delà de la première bonne solution identifiée.

Gilbert Laporte s'intéresse particulièrement aux applications reliées à la distribution, les applications étant, à son avis, le moteur de l'optimisation combinatoire. Les problèmes à résoudre touchent à tous les aspects de l'activité humaine : le cheminement de biens ou de personnes entre deux points, la livraison de services publics tels que le déneigement, le ramassage d'ordures ou le nettoyage de rues, la localisation d'entrepôts, de centres de tri et autres applications du genre.

Les exigences des applications lui permettent de voir des voies d'avenir en optimisation combinatoire. Selon Gilbert Laporte, les chercheurs devront mettre l'accent sur la résolution de problèmes en temps réel. Il faut pouvoir modifier nos solutions en cours d'exécution, régler les problèmes à mesure qu'ils se présentent, même les problèmes imprévisibles comme une tempête de neige qui bouleverse l'horaire des lignes aériennes. Pour bien illustrer ce point, il décrit le pro-

blème posé par le transport adapté, qui, à quelques exceptions près, est dans un état lamentable partout. « Actuellement l'utilisateur ayant besoin de ce service doit réserver 24 ou 48 heures d'avance. De plus, il doit attendre sans trop savoir à quel moment le véhicule viendra. Un système de résolution de problèmes en temps réel permettrait de renverser complètement la situation et de fournir un service efficace, mais surtout convenable aux personnes handicapées. » Mais il faudrait que la technologie de positionnement des véhicules et de représentation à l'écran soit arrimée à la portion algorithmique du problème. Voilà le défi auquel les chercheurs font face.

« L'algorithme doit être plus rapide mais peut s'arrêter avant d'avoir trouvé une solution optimale, suggère Gilbert Laporte. Le processus doit parvenir rapidement à une bonne solution tout en éliminant les mauvaises. Le défi consiste à mieux connaître la structure mathématique d'un problème. Il ne suffit pas que les ordinateurs fonctionnent 10 fois plus vite à tous les 10 ans. Les algorithmes doivent évoluer encore plus rapidement. C'est au cerveau humain de trouver les solutions. » 

## Vive le tabou qui éclaire

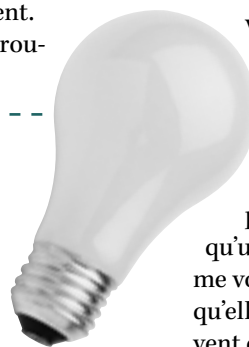
Le Cirque du Soleil éblouit le monde entier avec ses acrobaties, mais l'acrobatie nécessaire pour établir l'horaire et l'itinéraire de ses spectacles dépasse ses capacités. Quelles villes visiter? Dans quel ordre? Combien de temps dans chaque ville? Autant de questions, des millions de possibilités? Incapable de résoudre le problème, le célèbre Cirque s'est tourné vers le GERAD, plus exactement vers **Alain Hertz**, pour le faire. À l'aide d'un étudiant à la maîtrise au GERAD, Alain Hertz a mis au point un logiciel permettant de planifier l'ensemble de ses tournées. Le Cirque possède maintenant un outil qui lui permet aussi de jouer avec d'autres variables et de modifier son calendrier en quelques secondes tout en

tenant compte de nouvelles contraintes. Voilà une belle application des méthodes d'optimisation combinatoire.

Alain Hertz, professeur au Département de mathématiques et de génie industriel à l'École Polytechnique depuis 2001, a quitté la Suisse, son pays natal où il a enseigné pendant 15 ans à Lausanne, pour venir à Montréal parce que, selon lui, Montréal est la première ville mondiale en recherche opérationnelle. À vrai dire, ce n'était qu'un retour car il avait fait des études post-doctorales au GERAD en 1990 et 1991.

« Pour résoudre des problèmes simples d'optimisation, nous avons tous des règles intuitives, explique Professeur Hertz. Je dois me rendre de l'Université au centre-ville de Montréal en faisant des commissions en chemin. Par intuition, je trouve une bonne solution. Mais quand on ajoute d'autres personnes, d'autres véhicules, d'autres contraintes, le nombre de solutions explose. Dans ce cas, l'ordinateur le plus performant prendrait des siècles pour énumérer toutes les possibilités. C'est là que le cerveau humain vient guider l'ordinateur. On met en place des méthodes permettant d'énumérer de façon intelligente les solutions les plus intéressantes et d'élaguer celles qui sont inintéressantes. À titre d'exemple, poursuit-il, il arrive fréquemment qu'une entreprise de transport vienne me voir avec des tournées de véhicules qu'elle considère optimales et qui lui servent depuis 20 ans. Le lendemain, je peux généralement leur proposer des tournées avec une amélioration de 20 % quant à la distance parcourue et au temps nécessaire pour les réaliser. Les critères à optimiser varient selon les exigences du client, mais à la base c'est toujours le même problème. » Un autre problème qu'il étudie est celle de la planification des visites à domicile effectuées par des infirmières du CLSC Côte-des-Neiges, qui se trouve à deux pas de l'Université de Montréal.

La coloration des graphes demeure le sujet de recherche de prédilection d'Alain Hertz. Étant donné un ensemble de points



et quelques traits reliant certains points, il s'agit d'attribuer une couleur à chaque point en respectant certaines règles, dont l'interdiction de mettre la même couleur sur deux points reliés par un trait. Un exemple d'application serait les horaires des cours dans une école où chaque cours est représenté par un point et un trait entre deux cours indique que ceux-ci ne peuvent pas avoir lieu simultanément. En donnant une couleur à chaque période, colorer les points revient à déterminer un horaire réalisable. Dans les années 1980, précise Alain Hertz, les meilleurs algorithmes connus permettaient de résoudre des problèmes à 80 points, mais, malgré l'explosion de la puissance de calcul des ordinateurs, le nombre gigantesque de combinaisons fait que nous ne sommes rendus qu'à 95 points 25 ans plus tard. D'où l'importance des méthodes métaheuristiques qui permettent de déterminer de bonnes solutions en des temps raisonnables.

La découverte des métaheuristiques a constitué un grand tournant dans l'histoire de l'optimisation combinatoire. En particulier, une mini révolution s'est produite lorsque Fred Glover a présenté le concept de *TABU Search*, qui, selon Alain Hertz, est d'une simplicité désarmante et d'une efficacité incroyable. Il explique ce concept en se mettant à la place d'un randonneur qui cherche le point le plus bas dans une région montagneuse et vallonnée. Il est impossible de le trouver à l'œil nu. Le randonneur décide de toujours descendre; quand il ne peut plus descendre, il s'autorise à monter jusqu'à ce qu'il trouve une autre côte à descendre, mais il ne peut pas redescendre une côte qu'il vient de monter. Cette dernière règle – le tabou de retourner en arrière – permet d'éviter de tomber dans un cercle vicieux, de cycler.

« Il s'agissait d'un saut gigantesque, observe Alain Hertz. Dans mes études post-doctorales au GERAD en 1990, on m'a demandé d'adapter cette méthode à divers problèmes d'optimisation combinatoire. » De nombreuses applications ont suivi, dont l'algorithme TABUROUTE mis au point en 1994 en collaboration avec Gilbert Laporte et Michel Gendreau

pour l'établissement d'itinéraires de véhicules.

Alain Hertz n'a aucun doute quant à l'avenir florissant de l'optimisation combinatoire. « Nous sommes entourés de milliers de problèmes de ce genre. Il y a de plus en plus d'applications. » Pour lui, l'avenir appartient aux méthodes hybrides, qui permettront de trouver un juste équilibre entre la qualité de la solution et le temps de calcul, le tout dans l'objectif de mettre en place des outils d'aide à la décision. Sans garantir l'optimalité d'une solution, il sera possible de trouver des techniques qui donnent une garantie de proximité de la solution optimale en prenant beaucoup moins de temps que pour trouver LA solution optimale. **G**

## Colorier n'est pas un jeu d'enfants

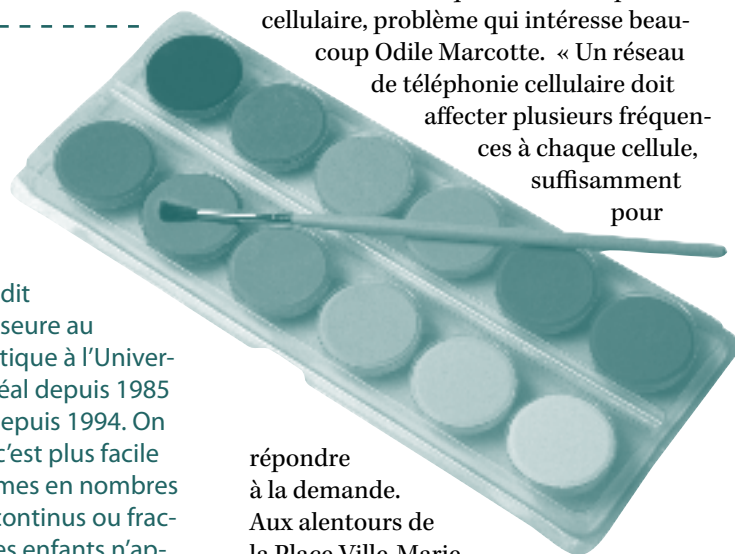
Contre intuitive, l'optimisation combinatoire? Oui, absolument, dit **Odile Marcotte**, professeure au Département d'informatique à l'Université du Québec à Montréal depuis 1985 et membre du GERAD depuis 1994. On pourrait présumer que c'est plus facile de résoudre des problèmes en nombres entiers qu'en nombres continus ou fractionnaires. Après tout, les enfants n'apprennent-ils pas rapidement à compter des pommes, des balles de neiges, des billes, bien avant d'apprendre à manier les fractions et à saisir la notion des mathématiques continues? Cette logique est trompeuse. En fait, trouver une solution exacte en nombres entiers est plus difficile que de trouver une solution fractionnaire. Or, c'est ce caractère discret de l'optimisation combinatoire qui la rend si intéressante, surtout pour les applications.

Odile Marcotte s'intéresse tout particulièrement à un domaine important de l'optimisation combinatoire, la coloration des graphes, le graphe étant un ensemble de sommets qu'on représente par des points dans le plan. Pour définir le graphe, il faut

définir les arêtes entre les sommets. Le problème de la coloration consiste à affecter des couleurs aux sommets de sorte que deux sommets reliés par une arête n'aient jamais la même couleur. En cela, ce problème s'inspire du célèbre théorème affirmant qu'au plus quatre couleurs sont nécessaires pour colorier une carte géographique – deux pays ayant une frontière commune doivent être de couleurs différentes. Or, pour les graphes, si deux arêtes ont un sommet en commun, on décide qu'on ne peut utiliser la même couleur.

La coloration des graphes sert à modéliser des problèmes pratiques très difficiles et compliqués, tels que la confection d'horaires, l'affectation de locaux ou encore l'affectation de fréquences en téléphonie cellulaire, problème qui intéresse beaucoup Odile Marcotte. « Un réseau de téléphonie cellulaire doit affecter plusieurs fréquences à chaque cellule, suffisamment pour

répondre à la demande. Aux alentours de la Place Ville-Marie, par exemple, la demande est forte. Le défi consiste à affecter des fréquences différentes à chaque cellule pour que les cellules avoisinantes ne provoquent pas d'interférence. Il faut donc un ensemble de fréquences qui soient distinctes. Chaque cellule est un sommet de graphe. Lorsqu'il y a interférence entre les cellules, vous avez une arête. Le problème est modélisé sur un graphe. La règle interdisant l'utilisation d'une même couleur sur deux cellules reliées par une arête nous évite, dans ce cas-ci, l'interférence entre fréquences. En somme, les couleurs servent à mieux comprendre les algorithmes et les théories. Une fois que nous avons le graphe, c'est assez facile de décrire les contraintes et d'en ajouter. »



Professeure à l'UQAM, Odile Marcotte est très heureuse que son université participe de manière officielle aux activités du GERAD, qu'elle décrit comme un centre connu mondialement en recherche opérationnelle. Elle a obtenu un baccalauréat et une maîtrise en mathématiques de l'Université de Montréal, une maîtrise en recherche opérationnelle de l'École Polytechnique de Montréal et un doctorat dans le même domaine de l'Université Cornell.

Ses collaborations avec d'autres membres du GERAD sont à la fois nombreuses et fructueuses. À titre d'exemple, en plus de la conception d'algorithmes pour résoudre le problème d'affectation des fréquences, réalisée en collaboration avec Brigitte Jaumard de l'Université Concordia, Odile Marcotte travaille avec François Soumis à la conception d'un algorithme qui combine la génération de colonnes et la génération de plans coupants et permet de résoudre une classe importante de problèmes d'ordonnement. On se rappellera que le groupe GENCOL du GERAD (génération de colonnes), dont François Soumis est un pionnier, se spécialise dans l'optimisation des horaires d'équipes de travail et de l'utilisation d'équipements principalement dans le transport aérien et urbain.

« La génération de colonnes permet de résoudre une vaste gamme de problèmes, note Odile Marcotte. Ma contribution a consisté à ajouter certaines contraintes au modèle GENCOL pour accélérer la résolution du modèle. » N'est-ce pas une autre idée contre intuitive, que l'ajout de contraintes peut faciliter la résolution de problèmes? On pourrait penser que cela rend le problème encore plus difficile à résoudre. « Oui, c'est contre intuitif, mais en ajoutant des contraintes, on peut obtenir la solution optimale à coordonnées entières alors que GENCOL tend à trouver des solutions fractionnaires. » Voilà encore l'exigence des applications : prendre une décision : on fait quelque chose ou on ne le fait pas (0 ou 1, non pas 0,5638).

La recherche opérationnelle est, par sa nature, interdisciplinaire, observe Odile Marcotte, et le GERAD le reflète bien.

Aussi, elle salue la collaboration prévue en 2006 entre le GERAD et le Centre de recherches mathématiques (CRM) de l'Université de Montréal. En effet, de juin à décembre 2006, le CRM organise un Semestre thématique en optimisation combinatoire auquel participera le GERAD. C'est l'une des premières fois que le CRM organise une série d'ateliers sur la recherche opérationnelle. Odile Marcotte coordonne les ateliers qui porteront notamment sur la Conception de réseaux : optimisation et théorie des jeux algorithmique, les Méthodes hybrides en programmation en nombres entiers, la Combinatoire polyédrique, les Algorithmes d'approximation et l'Exploration de données et la programmation mathématique. **G**

## Du baseball au soccer en passant par la combinatoire polyédrale

Les ligues majeures de baseball, jusqu'à tout récemment, établissaient manuellement les calendriers annuels des 30 équipes, dont chacune joue 162 matchs avec un nombre déterminé de matchs à domicile et à l'extérieur. L'idée même de tenir compte de tant de contraintes et de satisfaire tant de monde, surtout quand des milliards de dollars sont en jeu, est époustouflante.

**David Avis**, professeur d'informatique à McGill et membre du GERAD, note que la première conférence mondiale sur la nouvelle façon d'établir les calendriers des sports professionnels fut donnée au Colloque du GERAD sur l'Optimisation combinatoire appliquée que lui et Bruce Reed ont organisé en octobre 2004. Le con-

férencier Michael J. Trick de l'université Carnegie Mellon a expliqué comment résoudre le problème d'établissement de calendriers sportifs à l'aide de méthodes d'optimisation combinatoire. Et, de façon pointue, comment le baseball, réputé être renfermé dans ses traditions – la saison compte 162 matchs depuis les années 1960 et a compté 154 matchs de 1900 à 1960 –, a fini par abandonner les vieilles méthodes pour résoudre des problèmes jusque-là insolubles, dont les nombreux matchs consécutifs à domicile et à l'extérieur.

La saison du baseball professionnel est une application, mais on comprend mieux les travaux de recherche de David Avis en regardant un ballon de soccer, appelé aussi l'icosahédron tronqué, et d'autres polyèdres. Il s'agit de la combinatoire polyédrale

« Nous avons des problèmes où un nombre fini de possibilités sont réalisables alors que d'autres ne le sont pas, explique David Avis. Pour choisir parmi les possibilités réalisables, nous avons une fonction objective qui est typiquement linéaire, mais peut être quadratique. Notre objectif consiste à trouver la valeur optimale de cette fonction sur un ensemble réalisable. Je cherche à modéliser cet ensemble de possibilités réalisables. C'est un ensemble discret mais nous pouvons le modéliser comme un espace continu que nous appelons l'enveloppe convexe, qui représente toutes les combinaisons de ces possibilités. L'enveloppe convexe est un polyèdre fermé dont les sommets représentent les possibilités réalisables. Quoique nous remplacions l'ensemble discret par un ensemble continu, nous ne nous intéressons vraiment qu'aux sommets. Un polyèdre fermé de ce genre peut être décrit soit par une liste de ses sommets, soit par une liste de ses faces : un cube possède 8 sommets et 6 faces, alors qu'un ballon de soccer possède 60 sommets et 32 faces. »





Le creux du problème consiste à convertir l'une des descriptions à l'autre : découvrir la liste de toutes les faces à partir d'une liste des sommets, ou vice versa. « Le problème est banal sur le plan mathématique, tout est compris, observe-t-il. Du point de vue computationnel, toutefois, il n'est pas banal du tout. Nous voulons entrer l'une des listes et trouver un programme qui produit l'autre mais de façon EFFICACE. La complexité s'accroît énormément à mesure que la taille de la liste de départ augmente. C'est là que le problème n'a pas été résolu. Le but est de mettre au point un bon algorithme pour le faire. » David Avis ajoute que plusieurs bons exemples de combinatoire polyédrale proviennent de situations concrètes, telles que l'ordonnement et l'établissement de calendriers.

Au début des années 1990, David Avis et son collègue Komei Fukuda ont développé un nouvel algorithme appelé « recherche arrière » pour énumération qui s'est avéré un moyen efficace de résoudre des problèmes. « Pour le tester, j'ai écrit un programme en C. D'autres chercheurs en ont entendu parler et ont commencé à s'en servir. Ils ont constamment demandé des améliorations et de nouvelles caractéristiques, ce qui a donné lieu à la mise au point, sur une période de 10 ans, du code *LRS*, qui est maintenant le nec plus ultra des codes pour ce problème. »

Bien que David Avis n'ait pas essayé de développer le code à des fins commerciales, il est très heureux de recevoir des commentaires d'utilisateurs, actuels ou éventuels. « Le programme est distribué actuellement à titre de bibliothèque programmable. S'il ne fait pas exactement ce qu'on lui demande, on peut le bricoler. Par ailleurs, quand j'ai le temps et le travail m'intéresse, je le bricole avec plaisir parce que c'est comme ça qu'on peut l'améliorer. Cela m'a amené à m'intéresser davantage aux applications, qu'elles soient commerciales ou scientifiques. Certaines sont passionnantes. »

Professeur d'informatique à l'Université McGill depuis 1977, David Avis, qui est diplômé de l'université de Waterloo et qui détient une maîtrise et un doctorat

de Stanford, n'a adhéré au GERAD qu'en 2001. Mais il le décrit comme « notre grand secret », citant l'ancien directeur du GERAD, Richard Loulou, également de McGill. « Cet environnement est idéal pour la recherche. Personne ne nous dérange. Je peux travailler sans interruption. D'autres chercheurs travaillent sur le même étage. Les Cahiers du GERAD sont excellents pour une première publication. Le groupe est très bien organisé, très professionnel, surtout dans l'organisation d'événements internationaux réunissant des chercheurs de renom. » David Avis travaille actuellement à l'organisation d'un atelier sur la combinatoire polyédrale prévu pour octobre 2006 dans le cadre du Semestre thématique du CRM et du GERAD sur l'Optimisation combinatoire de juin à décembre 2006. 

---

## Le problème du commis voyageur ne meurt pas

Peut-on imaginer une vie plus heureuse pour Willy Loman, le commis voyageur de la célèbre pièce d'Arthur Miller, *Mort d'un commis voyageur*? Si seulement il avait su que les problèmes qu'il confrontait quotidiennement allait passionner les meilleurs mathématiciens du monde pendant près d'un siècle. Aurait-il été moins triste s'il avait su que la solution à ses banals problèmes permettrait de résoudre des centaines de problèmes pratiques et enrichirait énormément ceux qui sauraient les appliquer? L'archétype du problème du commis voyageur (PCV) consiste en un nombre donné de villes que le commis voyageur doit visiter, avant de rentrer chez lui, en minimisant le coût de son voyage.

**Vašek Chvátal** et trois collègues sont parmi ces mathématiciens qui ont étudié le PCV passionnément et ont mis au point le meilleur algorithme au monde et le

meilleur programme d'ordinateur pour le résoudre; mais ils ne se sont pas enrichis pour autant!

Le professeur Chvátal est membre du GERAD, professeur d'informatique à l'Université Concordia et titulaire de la Chaire de recherche du Canada en optimisation combinatoire. Il note en souriant que les mathématiciens se sont emparés de ce problème comme d'autres se lancent dans un loisir, les applications venant plus tard. Et il ajoute : « Le problème est tellement facile à décrire et si séducteur qu'on a consacré un temps fou à le résoudre. Par ailleurs, la plupart des bonnes idées en optimisation combinatoire proviennent de problèmes totalement frivoles. Il m'arrive souvent de comparer les problèmes mathématiques à des sports de compétition où les uns essaient de dépasser les autres dans le but d'emporter la médaille d'or. Je m'y suis intéressé, j'ai écrit un programme d'ordinateur avec trois amis et nous avons emporté l'or. Mais quelqu'un va sûrement venir nous l'enlever. » Interrogé à savoir s'il s'est attaqué au PCV comme à un sport, Vašek Chvátal répond : « Absolument! »

Ironie du sort, malgré les efforts vaillants de mathématiciens pour résoudre le problème du commis voyageur, il semble qu'aucun commis voyageur ne se sert des logiciels qui ont été mis au point. « S'il y en a, a dit Chvátal dans une autre interview, je ne sais pas où ils se cachent. » À une autre question à savoir si le fait d'avoir consacré tant de temps à un sujet si peu utile, il a répondu : « Est-ce que IBM regrette d'avoir consacré énormément de ressources à Deep Blue, son programme de jeu d'échecs? Le problème du commis voyageur est à la programmation mathématique ce que les échecs sont à l'intelligence artificielle : un sport totalement inutile où la compétition est féroce, mais qui sert de banc d'essai. »

Le professeur Chvátal et ses collègues ont choisi l'exemple de la Suède pour établir le problème le plus difficile, parce qu'ils voulaient résoudre un problème d'envergure mais qui pouvait être résolu. Bref, en mai 2004, ils ont résolu le PCV qui





## Cinq grands chercheurs du GERAD en optimisation combinatoire



**Gilbert Laporte**

HEC Montréal –  
Université de Montréal

La puissance de  
l'ordinateur jumelée à la  
puissance du cerveau  
humain



**Alain Hertz**

École Polytechnique  
– Université de Montréal

Vive le tabou qui éclaire



**Odile Marcotte**

Université du Québec  
à Montréal – UQÀM

Colorier n'est pas un jeu  
d'enfants



**David Avis**

Université McGill

Du baseball au soccer  
en passant par la  
combinatoire polyédrale



**Vašek Chvátal**

Université Concordia

Le problème du commis  
voyageur ne meurt pas


... **Parcours** ... (suite de la page 2).

Vaste discipline s'il en est, le génie électrique a des applications aujourd'hui qui dépassent de beaucoup sa vocation classique; ceci est dû, en grande partie, à la présence d'automaticiens au sein de cette discipline, qui agissent comme généralistes des systèmes dynamiques. Les méthodes de la recherche opérationnelle (optimisation, modélisation mathématique, théorie des jeux) jouent un grand rôle dans le succès de ces efforts de généralisation. « Le temps, cependant, joue pour les automaticiens un rôle plus important qu'en recherche opérationnelle pure, observe Roland Malhamé. On cherche à optimiser un critère, à trouver la commande optimale et à identifier la stratégie de commande qui permet de minimiser ses coûts sur un horizon temporel. » Parmi les exemples où le chevauchement du génie électrique et d'autres disciplines est remarquable, il signale l'optimisation de la conduite des rames du Métro de Montréal (quand freiner, quand accélérer pour minimiser la consommation d'énergie); la gestion des barrages (prévision de la demande et des apports d'eau et gestion en conséquence); les finances; la gestion des ventes d'électricité dans un monde déréglementé; la gestion optimale de la chaîne de fabrication, la gestion de l'Internet et les éventuelles interactions entre ces deux domaines d'application.

« L'Internet et l'atelier de fabrication sont très différents mais ils pourraient profiter l'un de l'autre, note-t-il. L'Internet pourrait apprendre des idées "just in time", de "push" et "pull" et de qualité totale qui ont fait leurs preuves dans le domaine manufacturier. Mais si on ne travaille que dans un de ces domaines, on ne peut pas imaginer les points communs et le potentiel d'innovation. »

Plus récemment, le professeur Malhamé s'est intéressé à l'application de la théorie des jeux aux problèmes d'optimisation et de commande optimale des grands systèmes.

« Pour l'automaticien que je suis, la théorie des jeux est un moyen de construire des lois de commande décentralisées, donc plus robustes et résistantes à la perte d'information et moins gourmandes en termes de calcul. »

Étant donné que les directeurs du GERAD sont choisis parmi ses membres et qu'ils sont d'abord et avant tout chercheurs, tout directeur du GERAD se pose la question : est-ce que la tâche va m'empêcher de poursuivre mes recherches? Tout en reconnaissant que ses nouvelles tâches risquent de gruger en partie le temps disponible pour ses recherches, Roland Malhamé aborde la question comme un scientifique. « Il n'est aucunement question d'arrêter les recherches, mais c'est clair que le GERAD passera toujours en premier. Tous les directeurs qui m'ont précédé ont réussi à faire les deux. Pour moi, devenir directeur signifie de nouvelles portes ouvertes à la collaboration. Ajoutons aussi que la fonction de directeur du GERAD demeure avant tout d'ordre scientifique, avec l'organisation de colloques et d'ateliers, contrairement à celle de directeur de département où les problèmes de gestion sont plus importants. » 

### Bulletin du GERAD

Édité 2 à 3 fois l'an par le GERAD.

Directeur  
**Georges Zaccour**  
georges.zaccour@gerad.ca

**GERAD**  
HEC Montréal  
3000, chemin de la Côte-Sainte-Catherine  
Montréal (Québec) Canada  
H3T 2A7  
Téléphone : (514) 340-6053

Site Internet  
[www.gerad.ca](http://www.gerad.ca)  
[bulletin@gerad.ca](mailto:bulletin@gerad.ca)

Rédacteur en chef  
**Robin Philpot**  
rphilpot@sympatico.ca

Traduction  
Robin Philpot

Conception graphique  
HEC Montréal

Dépôt légal : 4<sup>e</sup> trimestre 2005  
Bibliothèque nationale du Québec

Reproduction autorisée avec mention  
de la source

# Le 25<sup>e</sup> anniversaire du GERAD en photos



Les organisateurs des Journées d'optimisation 2005 et du Colloque international du 25<sup>e</sup> anniversaire du GERAD. De gauche à droite, **Guy Desaulniers, Alain Hertz, Madame Nash, John F. Nash, Michèle Breton, Georges Zaccour.**



**John F. Nash**, prix Nobel d'économie, était conférencier invité lors du 25<sup>e</sup> anniversaire du GERAD. John Nash recevait, en 1994, à l'âge de 66 ans, le prix Nobel d'économie, prix qu'il partageait avec deux colauréats pour ses travaux sur la théorie des jeux, dont les concepts d'équilibre de Nash et de la solution d'arbitrage de Nash, sont utilisés universellement aujourd'hui. Sa conférence portait sur des jeux coopératifs à deux ou trois joueurs. Homme au parcours peu commun, John Nash a fait l'objet d'un livre célèbre, *A Beautiful Mind*, de Sylvia Nassar. Son histoire a été portée à l'écran par le réalisateur Ron Howard. Le film a été couronné de quatre oscars en 2002. Aujourd'hui âgé de 77 ans, le célèbre mathématicien poursuit des travaux de recherche sur la théorie des jeux, à Princeton.



175 convives ont assisté au **gala** du 25<sup>e</sup> anniversaire du GERAD qui a eu lieu à l'Altitude 737, en haut de la Place Ville-Marie, le 12 mai 2005.



**Pierre L'Écuyer**, le premier étudiant doctoral au GERAD, a publié en 1980, avec le fondateur et premier directeur, Alain Haurie, le premier *Cahier du GERAD* sous le titre *Optimal and Suboptimal Strategies for Group Preventive Replacement*. Sur la photo on voit aussi de gauche à droite, **Georges Zaccour**, **Michèle Breton** et **Jean-Louis Goffin**.



Professeures invitées au GERAD : **Odile Pourtallier** de l'INRIA-Sophia-Antipolis (Institut national de recherche en informatique et en automatique), (à gauche) et **Mabel Tidball** de l'Institut National de la Recherche Agronomique (INRA) (droite).



### Un grand tour de force :

l'édition de **10** volumes commémoratifs, projet qui a mobilisé **24** éditeurs membres du GERAD, aboutissant à la publication de **116** chapitres avec **3 218** pages écrites par **250** auteurs des quatre coins du monde.

Roland Malhamé souligne que le GERAD possède un très bon maillage avec HEC qu'il souhaite maintenir, particulièrement du côté des méthodes quantitatives et, de fait, le GERAD aura fourni à HEC un nombre non négligeable de nouveaux professeurs. Les chercheurs de HEC contribuent en finance, en logistique, en distributive, en transports et en énergie, de même qu'au niveau des méthodes (optimisation combinatoire, globale, graphes, théorie des jeux...). Ce maillage devrait servir de modèle pour d'autres institutions participantes. Ainsi, de Mc Gill, nous avons accueilli des jeunes membres talentueux de la Faculté de gestion, mais il y aurait lieu de considérer également des engagements du côté des automatismes en génie électrique. De l'UQAM, nous avons des membres très actifs, mais trop peu nombreux et il y aurait lieu d'en recruter de nouveaux. Enfin, à l'École Polytechnique, un maillage important existe déjà avec le génie industriel, mais ce maillage pourrait s'étendre à d'autres champs, tels le génie civil (gestion de la circulation, des feux et des autoroutes) et les études sismiques (bâtiments actifs), le génie chimique et biomédical avec les biotechnologies et la pharmacologie, le génie électrique avec les télécommunications, bien sûr déjà présentes, mais également l'optimisation du layout des circuits électroniques, la conception minimaliste des circuits numériques et le positionnement optimal dans un marché dérégulé de l'énergie électrique. « Le génie soulève des questions et présente des modèles tandis que le GERAD peut apporter des solutions ou s'atteler à de nouvelles questions d'ordre général suscitées par les problèmes présentés. De cette rencontre plus systématique, à la fois le GERAD et les différentes disciplines du génie pourraient tirer profit. »

À titre d'exemple, la biotechnologie, et plus généralement la biologie, est sous-représentée au GERAD selon Roland Malhamé. « Au 21<sup>e</sup> siècle, la biotechnologie, déjà bien présente dans la région du Grand Montréal, prendra globalement

de l'ampleur avec le vieillissement de la population. Les grandes maladies aujourd'hui tels le cancer et le diabète sont auto-immunitaires. En fait, ce sont de gigantesques systèmes de contrôle partis à la dérive où il y a de la modélisation mathématique et de l'optimisation à faire. Le médecin prescrit des médicaments au mieux de ses connaissances mais le dosage est très approximatif, fixe, incapable de s'ajuster selon l'activité du patient et les besoins de son corps. La modélisation mathématique et l'optimisation permettraient de moduler la dose, de minimiser l'intrusion et de réduire les effets secondaires. Après tout, le pancréas ne fonctionne pas comme ça, il est plus intelligent. » Ce maillage entre le GERAD et la biotechnologie pourrait se concrétiser par l'adhésion au GERAD d'un chercheur en biotechnologie ou de spécialistes de pharmacologie, ou par l'organisation d'écoles d'été sur le sujet.

Dans ce même esprit de maillage, Roland Malhamé aimerait réunir et consolider les efforts en logistique manufacturière à HEC, à l'École Polytechnique, à l'Université McGill et à l'UQAM.

Pour que la multidisciplinarité et la caractère multi-universitaire se développent vraiment, il faudrait que les locaux du GERAD s'y prêtent. Sans avoir de solution en tête, le nouveau directeur entend s'attacher à améliorer la situation au niveau des espaces, selon l'idée que, pour regrouper des gens et faciliter la collaboration interdisciplinaire et inter-universitaire, il faut aussi avoir des lieux communs. Malgré la révolution des moyens de communication, les membres du GERAD auront plus de chance de se connaître et d'entamer la collaboration si la probabilité de rencontre dans des lieux communs est plus grande. Donc, amélioration des lieux physiques, mais aussi incitation à multiplier les occasions d'échanges entre les disciplines et les universités et à créer un climat d'échange d'idées plus propice à la création de connaissances. Roland Malhamé ajoute : « Le GERAD compte sur énormément

de talents, mais on n'a pas tous les échanges qu'on pourrait avoir. »

Un autre défi que se donne le nouveau directeur qui va dans le même sens consiste à accroître le rayonnement international du GERAD notamment au sein de la Francophonie. Ce rayonnement international pourrait s'accroître notamment en favorisant l'intégration d'étudiants venant de ce grand bassin, en recrutant de nouveaux talents prometteurs en France et ailleurs en Europe (jusque là quelque peu sous-représentés) et en établissant des stages au GERAD. En cela, Roland Malhamé dit s'inspirer du modèle des États-Unis où, fait-il remarquer, 50 % des professeurs et étudiants en recherche scientifique viennent de deux grands pays, la Chine et l'Inde. « Sans l'apport de ces deux pays, la recherche scientifique aux États-Unis s'effondrerait. Le GERAD a intérêt à puiser aussi ses chercheurs dans cet autre grand bassin qu'est la Francophonie. » Cette orientation n'exclut aucunement, bien sûr, le renforcement de la collaboration avec les États-Unis et le reste du Canada, ajoute-t-il

Roland Malhamé se donne aussi comme objectif de mieux intégrer les jeunes membres du GERAD pour les aider à trouver leur chemin. Il propose le parrainage des nouveaux membres pour leur permettre de bien connaître ce que le GERAD peut leur offrir et donner lieu à de nouvelles collaborations en recherche.

Augmentation de la portée et du rayonnement international du GERAD, mais aussi collaboration renouvelée et enrichie avec son plus proche voisin, le Centre de recherche mathématiques. La modélisation mathématique est pour nous un sujet central et le CRM organise des semestres thématiques souvent très pertinents pour le GERAD.

Sachant qu'il a du pain sur la planche, Roland Malhamé amorce son mandat avec philosophie, et avec un sourire : « Vous savez, quatre ans, c'est court; mais quatre ans, c'est long aussi! » **G**

# Newsletter

Groupe d'études et de recherche  
 en analyse de décisions

# GERAD

## “Research in the future will have to be **multidisciplinary!**”

says **Roland Malhamé**



*“It is both friendship and science that attracted me to GERAD,” says Roland Malhamé, Director of GERAD since June 2005. For the first director to come from what he calls a “hardware” engineering culture—previous directors came mainly from disciplines related to quantitative methods—GERAD boasts both a very pleasant work environment and great scientific prestige.*

*Things are also accomplished without a lot of ado. GERAD’s strength lies in its multidisciplinary and multi-university nature as well as in its international reach, two orientations that he intends to favour during the four-year mandate that he has just begun. Introducing Roland Malhamé.*

“When Georges Zaccour finished his mandate, he left GERAD in a very sound financial position. He knew how to galvanize us and to get us to believe that projects, which initially appeared far flung, were in fact feasible, in particular the publishing of the ten volumes of scientific contributions related to GERAD’s various research areas and marking its 25<sup>th</sup> anniversary. My first challenge for the next four years will be to maintain what Georges has accomplished for us.”

If there is one central idea guiding the new director of GERAD, it is certainly that of building on GERAD’s inherent multidisciplinary nature that, in itself, puts the research centre in the forefront of trends in scientific research. “Research in the future will have to be multidisciplinary,” insists Roland Malhamé. The profile of today’s researchers is very different from that which probably attracted us initially to the academic environment, namely the rather absent-minded researcher quietly working away and making discoveries. Today, the researcher has become a bit of an entrepreneur, who builds a network, establishes exchange and dialogue, and collaborates with others, be they colleagues or representatives of industry, in many different disciplines.

Please see **Research in the future** on page 12...

[bulletin@gerad.ca](mailto:bulletin@gerad.ca)

### SUMMARY

Gilbert Laporte.....	☒	3
Alain Hertz.....	☒	4
Odile Marcotte.....	☒	5
David Avis.....	☒	6
Vašek Chvátal.....	☒	7
GERAD’s 25 <sup>th</sup> anniversary.....		10, 11

## The trajectory of a GERAD director

**Roland Malhamé** has been a Professor at Montreal's École Polytechnique since 1985. After an electrical engineering undergraduate degree at the American University of Beirut and a master's degree at the University of Houston, he obtained his PhD from the Georgia Institute of Technology with a major in electrical engineering and a minor in mathematics. Multidisciplinary studies were a must at Georgia Tech and that partially explains the orientation Roland Malhamé wishes to develop as Director of Gerad (See article on page 1). About two years after arriving at École Polytechnique, he joined GERAD because of his friendship with, and intellectual admiration for GERAD's founding Director Alain Haurie as well as two future directors of GERAD, Richard Loulou and François Soumis. However, it was a colleague and friend who then taught at École Polytechnique, Catherine Rosenberg, currently head of the Electrical Engineering Department at the University of Waterloo, who sponsored his candidacy with GERAD.

The new director notes that, from the moment he began high school, he was marked by a popular science book he received as a prize in mathematics that, curiously enough, dealt with operations research and the theory of probabilities. He became enthralled by the law of large numbers: order and predictability seemed to emerge from the chaos of independent actions. Echoing this fascination, his thesis focussed on the construction of physically based models of electric loads, following a methodology inspired by the methods of statistical mechanics. "Based on a well established description of the random behaviour of individual loads," he points out, "we were able to synthesize their aggregate dynamics using the law

Please see *The trajectory* on page 9...

## GERAD UPDATE



**GILBERT LAPORTE**, who is a member of GERAD, Full Professor at HEC, and holder of the Canada Research Chair in Distribution Management, received two important awards in 2005. In August 2005, he was granted the 2004 Glover-Klingman Prize for the best paper published in Networks in 2004: "The Ring Star Problem: Polyhedral Analysis and Exact Algorithm". He shares the prize with his coauthors Martine Labbé of the Université Libre de Bruxelles (Belgium), and Juan José Salzar González and Inmaculada Rodríguez Martín, both of the Universidad de la Laguna (Spain). In addition, Gilbert Laporte was awarded the 2005 Pierre-Laurin Prize in recognition of research conducted over the past three years.

The 2005 **OPTIMIZATION DAYS** and the celebrations marking GERAD's 25<sup>th</sup> anniversary were a great success. From May 9 through 22, 393 people took part in the Optimization Days, an annual event organized alternately by GERAD and the Centre de recherche sur les transports (CRT). Following that, from May 11 through 13, approximately 220 people participated in the activities organized to celebrate GERAD's 25 years of discoveries.

The 2006 **SUMMER SCHOOL** on Column Generation organized by Guy Desaulniers and Jacques Desrosiers will be held from May 15 through 19, 2006.

## Combinatorial optimization

In addition to introducing Roland Malhamé, the new director of GERAD, the sixth since the research centre was founded, this Newsletter is dedicated to combinatorial optimization. It is one of GERAD's classical areas of specialization, and an area of excellence worldwide. To prove the accuracy of this assertion and to avoid the inflationary tendency that comes with use of such terms, evidence is required.

The first option would be to list our researchers' achievements from theoretical, algorithmic, and practical standpoints. I will not do that because the list is far too long and because that information can be found in our annual reports and in our researchers' résumés and websites that are public. Redundancy is to be eschewed in optimization.

The second option, which I realize is not intellectually satisfactory, would be to illustrate the excellence based on a measure of input, such as research grants obtained for instance. In fact, I asked myself the following simple question: how many hours have been dedicated at GERAD to the analysis of combinatorial optimization problems? The answer is 396,000 hours, and that is the lower boundary! Some fifteen researchers devote the majority of their research time to the subject. If we assume that they spend 20 hours a week, 48 weeks a year, and have done so on the average for 15 years, we obtain the number of hours spent by professors. We must then add the students' efforts. If each professor directs 20 students and each student worked for 600 hours, we obtain the total!

The Newsletter met a subset of these researchers. David Avis, Alain Hertz, Gilbert Laporte, Odile Marcotte and Vašek Chvátal share the passion for combinatorial optimization, and they transmit that passion to their students every day. All five are world class researchers.

Enjoy the Newsletter!

**Georges Zaccour**

# Combinatorial Optimization

## A cat by any other name...

The GERAD Newsletter interviewed five combinatorial optimization specialists. It was decided that to define the beast it would be best to use heuristic methods, the idea being that with five definitions we would get very close to the optimal definition without taking up too much time or space. Here then are five off-the-cuff definitions of combinatorial optimization.

**Gilbert Laporte:** It is a set of highly structured problems of huge magnitude, structured in that they are problems with permutation structures (e.g., classroom timetables, vehicle routes). The goal is to find the best permutation among billions and billions of possibilities, figures that exceed our capacity to count.

**Alain Hertz:** A branch of discrete mathematics, as compared to continuous mathematics, in which an optimal solution is sought among a number of solutions that can be enumerated but where straightforward enumeration would take centuries.

**Odile Marcotte:** The study of methods used to find the best solution, that can be expressed by a finite sequence of integers, among a set of solutions defined by constraints and that are finite or discrete.

**David Avis:** First, optimization consists in modelling some problem where certain possibilities are feasible or allowable; among these, we have some objective which we model as a function; so we optimize this function over this realm of possibilities. The result is often continuous, but in combinatorial optimization, it is discrete, in whole numbers. You cannot have a fraction of a flight, and a student cannot be in two places at the same time. That would seem to make things easier but it makes them harder.

**Vašek Chvátal:** For mathematicians, problems of combinatorial optimization have the objective of minimizing (or maximizing) a prescribed function over a subset of some Euclidean space prescribed by an efficient membership-testing oracle and whose elements have some combinatorial meaning.”

Although these definitions are different they do converge. To make things clearer, and call a spade a spade (or a cat a cat), Vašek Chvátal suggests using a definition by R.P. Boss that is quoted in a book by Professor Chvátal.

“Suppose that you want to teach the ‘cat’ concept to a very young child. Do you explain that a cat is a relatively small, primarily carnivorous mammal with retractile claws, a distinctive sonic output, etc.? I’ll bet not. You would probably show the kid a lot of different cats saying ‘kitty’ each time, until he gets the idea. To put it more generally, generalizations are best made by abstraction from experience.”

In the case of combinatorial optimization, the “cat” could be any of a wide range of subjects including the schedule and itinerary of the next Cirque du Soleil show, major league baseball schedules, home visit schedules for nurses from the Côte-des-Neiges CLSC, disabled transit vehicle routes, airline schedules, routes and rosters, assignment of frequencies for cellular telephone networks, and so much more.

The following articles aim to illustrate the formidable scientific, economic, commercial, and intellectual challenges and potential in combinatorial optimization, a field in which Montreal is home to the largest concentration of researchers in the world. **G**

Combining the power of the **mind** with the power of the **computer**

Discussing combinatorial optimization with **Gilbert Laporte** is like discussing astrophysics with Hubert Reeves. Bringing both historical perspective and striking examples, he presents this part of operations research in such a manner that even the general public can hope to grasp it. Gilbert Laporte has been a member of GERAD since its inception. He is a professor at HEC Montréal, holder of the Canada Research Chair on Distribution Management, and is a member and former director of the Centre de recherche sur les transports.

As regards the historical perspective, combinatorial optimization is a young discipline that has existed since the 1960s. Its expansion in the wake of the first computers in the 1950s was not fortuitous. The binary nature of combinatorial optimization makes everything difficult, which means that the solution is not continuous, but rather in integers. “It is 0 or 1, either we do something or we don’t do it, and fractions are impossible,” observes Gilbert Laporte. The solutions can therefore be enumerated. But enumerating them exceeds the capacity of human beings, who cannot count up to a million, whereas the number of solutions can be counted in billions.

“Before the computer was created,” notes Gilbert Laporte, “we were not really interested in these types of problems because they were too difficult. To find the right solution, we had to go beyond enumerative methods. Combinatorial optimization researchers had the merit of finding methods that enabled to limit enumeration. That is the role of the algorithms developed by researchers, which are solution processes that endeavour to enumerate the most promising solutions and, at the same time, reject the uninteresting ones.”

Computer power is combined with algorithmic power, but in both cases the power will reach its upper limits. How many times will we be able to increase computer power ten-fold or strengthen our algorithms similarly? Though he asks these questions, Gilbert Laporte is confident that there is still ample room for improvement. As tools are refined, problems are addressed differently. In this light, Gilbert Laporte describes the two major periods in combinatorial optimization. The first period from 1950 to 1985 consisted in finding a good solution using heuristic methods. Once that good solution was found, the search ended. However, in the second period, since 1985, researchers did not stop when they found that good solution but continued to seek other solutions according to certain rules. This period began with the *TABU Search* method created by Fred Glover (see article on Alain Hertz). These methods are known as metaheuristics, a term that Gilbert Laporte is not particularly fond of. He describes them as mechanisms that make it possible to keep searching beyond the first good solution that is identified.

Gilbert Laporte is particularly interested in applications related to distribution management. He also believes that applications drive combinatorial optimization. The problems to be solved concern all aspects of human activity: transport of goods or people from one point to another, delivery of public services like snow removal, garbage collection, street cleaning, locating of warehouses and sorting facilities, and many other such applications.

Demands raised by applications are like beacons indicating where combinatorial optimization is likely to go in the future. Gilbert Laporte believes that researchers should focus on solving problems in real time. We must find ways to modify our solutions while they are running, to solve problems as they occur, even unforeseen ones like a snowstorm that upsets airline flight schedules. To illustrate his point, he describes the problems raised by disabled transit, which is in a sorry state almost everywhere. "Passengers now have to re-

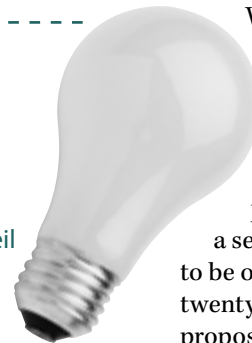
serve twenty-four to forty-eight hours in advance. They have to wait and have very little idea when they will be picked up. A real-time problem-solving system would revolutionize this type of transportation, making it more efficient and above all more human for the disabled." However, vehicle positioning and computer display technologies must be brought into step with the algorithmic portion of the system. That is where the researchers' challenge lies.

"The algorithm must be quicker, but it can stop before the optimal solution is found," suggests Gilbert Laporte. "The process has to reach the right solution and eliminate the wrong ones quickly. The challenge consists in better understanding the mathematical structure of the problem. It will not be enough simply to say that computers will run ten times faster every ten years. Our algorithms have to develop even faster. It is up to the human brain to find the solutions." **G**

---

## Believe it or not, **taboos** can enlighten us

Acrobats in the Cirque du Soleil dazzle people worldwide, but the mental gymnastics required to schedule their shows are beyond the Cirque's capacities. What cities should be included in the tour? In what order? How long should it stay in each city? All these questions result in millions of possibilities. When the famous circus hit the wall with this problem, it turned to GERAD and specifically to **Alain Hertz** for help. With the help of a master's student at GERAD, Alain Hertz developed a program capable of planning all the circus's tours. Now it has a tool that allows it to play with other variables and modify its schedule in seconds, while taking into account other constraints. That is an example of an interesting application of combinatorial optimization.



Alain Hertz, Professor in the École Polytechnique's department of mathematics and industrial engineering since 2001, left his native Switzerland where he had taught for fifteen years at Lausanne and moved to Montreal because, in his opinion, Montreal is the world's leading city in operations research. In fact, however, Alain Hertz was just coming back to Montreal since he had done his post-doctoral studies at GERAD in 1990 and 1991.

"To solve simple optimization problems, we all follow our own intuitive rules," explains Professor Hertz. "If I have to go from the university to downtown Montreal and pick up a few things on my way, intuition will guide me and help find a good solution. But if we add more people, more vehicles, more constraints, the number of solutions explodes. In such cases, even the most powerful computer would take centuries to enumerate all the possibilities. That is where the human brain is required to guide the computer.

We find and implement methods that enable us to intelligently enumerate the most interesting solutions and to drop those that are uninteresting. For example, quite often a transportation company will come and see me with a set of vehicle routes that it believes to be optimal and that has been used for twenty years. The next day, I can usually propose new routes with a twenty percent improvement in distance covered and time required. The criteria to be optimized vary depending on the customer's needs, but basically it is always the same problem." Another problem that Alain Hertz studies is the planning of home visits by nurses at the CLSC Côte-des-Neiges, a health and social services centre near the Université de Montréal.

The graph colouring problem is Alain Hertz's main focus of research. Given a set of points and some lines linking certain points, a colour must be attributed to each point according to certain rules, one being that it is forbidden to put the same colour on two points linked by a single line. An application could be the scheduling of classes in a university where each



class is represented by a point, and a line between two classes indicates that the classes cannot be held simultaneously. When a colour is attributed to each class, colouring the points is a way of determining a feasible timetable. In the 1980s, adds Alain Hertz, the best algorithms known could solve problems with 80 points, but despite exponential increases in the computing power of computers, the gigantic number of combinations has meant that, 24 years later, we have only reached 95 points. That explains the need for metaheuristics that make it possible to find good solutions in a reasonable amount of time.

Discovery of metaheuristics represented an important turning point in the history of combinatorial optimization. In particular, a mini revolution occurred when Fred Glover presented the *TABU Search* concept in 1985, which, according to Alain Hertz, is unbelievably simple but also wonderfully efficient. He explains the concept by putting himself in the position of a hiker who is trying to find the lowest point in an area with many hills and valleys. The lowest point is unidentifiable to the naked eye. The hiker therefore decides to go steadily downhill. When he can no longer keep going down, he allows himself to go up again until he finds another downward slope, but he cannot go back down a slope he just hiked up. This rule, namely the taboo forbidding him to double back, enables him to avoid falling into a vicious circle and cycling.

“It was an enormous leap forward,” notes Alain Hertz. “In my post-doctoral studies at GERAD in 1990, I was asked to adapt the method to various problems in combinatorial optimization.” Many applications followed including the algorithm TABUROUTE developed in 1994 in collaboration with Gilbert Laporte and Michel Gendreau for vehicle routing.

Alain Hertz is convinced that combinatorial optimization has a very bright future ahead. “We are surrounded with thousands of problems of this nature, and there are more and more applications.” To his mind, the future lies in hybrid

methods that make it possible to find the perfect balance between the quality of the solution and the computing time required, the goal being always to provide tools that aid in decision-making. Though we cannot guarantee the optimality of a solution, we will be able to find ways to guarantee the proximity to the optimal solution and yet take much less time than if we were trying to find *the* optimal solution.

**G**

## Colouring is not child's play

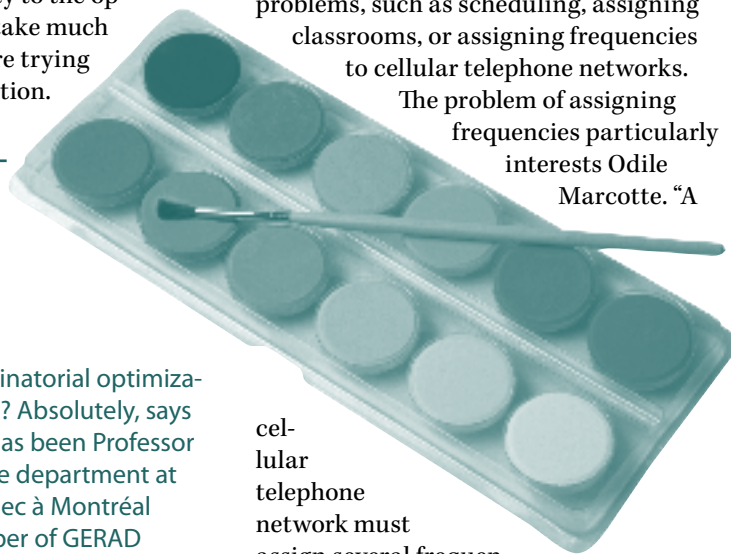
Is it possible that combinatorial optimization is counter intuitive? Absolutely, says **Odile Marcotte**, who has been Professor in the computer science department at the Université du Québec à Montréal since 1985 and a member of GERAD since 1994. One might presume that it is easier to solve problems in integers than in continuous numbers or fractions. After all, children quickly learn to count apples, snowballs, and marbles long before they learn to deal with fractions and to understand notions of continuous mathematics. However, we should not be fooled by what appears to be obvious. In fact, it is harder to find an exact integer solution than to find a fractional solution. Moreover, this discrete nature of combinatorial optimization is what makes it so attractive, especially for applications.

Odile Marcotte is particularly interested in a major area of combinatorial optimization, the graph colouring problem, with the graph being a set of vertices that are represented by points in a plane. To define the graph, the edges between the vertices must be defined. The colouring problem consists in assigning colours to the vertices so that two vertices linked by one edge never have the same colour. From that standpoint, the problem can be likened to the famous theorem that a maximum of four colours are required to colour a geographic map (i.e., two coun-

tries with a common boundary must have different colours). In the case of graphs, it is decided that if two vertices are joined by an edge, the same colour cannot be used.

The colouring of graphs is used to model very difficult and complex practical problems, such as scheduling, assigning classrooms, or assigning frequencies to cellular telephone networks.

The problem of assigning frequencies particularly interests Odile Marcotte. “A



cellular telephone network must assign several frequencies to each cell, enough to meet demand. Around Place Ville-Marie in Montreal, for instance, demand is very high. The challenge consists in assigning different frequencies to each cell so that adjacent cells do not provoke interference. A set of distinct frequencies is therefore required. Each cell is a vertex on a graph. When there is interference between cells, you have an edge. The problem is modelled on a graph. The rule prohibiting use of the same colour on two cells linked by one edge ensures, in this case, that there is no interference between frequencies. In a nutshell, the colours are used to better grasp the algorithms and theories. Once we have the graph, it is relatively easy to describe the constraints and also to add some.”

As a professor at UQAM, Odile Marcotte is pleased that her university is officially a participating institution in GERAD, which she describes as a world-renowned operations research centre. Ms. Marcotte obtained her B.Sc. and Master's from the Université de Montréal, a Master's in Operations Research from École

Polytechnique de Montréal, and then a PhD in the same discipline from Cornell University.

Odile Marcotte has collaborated extensively and productively with other GERAD members. For example, in addition to development of algorithms for solving frequency assignment problems in collaboration with Brigitte Jaumard of Concordia University, she has worked with François Soumis to design an algorithm that combines column generation and cutting plane generation and which makes it possible to solve a major set of scheduling problems. It should be mentioned GERAD's GENCOL group (column generation) – François Soumis was among the founders – specializes in optimizing schedules for crews and use of equipment, mainly in the aviation and urban transport sectors.

“Column generation enables us to solve a wide range of problems,” notes Odile Marcotte. “My contribution consisted in adding certain constraints to the GENCOL model to accelerate model resolution.” That sounds counter-intuitive again, adding constraints to make it easier to solve a problem. One might think that it would make the problem even more difficult to solve. “It *is* counter-intuitive,” says Odile, “but by adding constraints, we can obtain an optimal solution with integral coordinates whereas GENCOL tends to find fractional solutions.” Once again we are faced with a requirement of applications, namely making a decision: do we do something or not (0 or 1, not 0.5638).

Operations research is inherently interdisciplinary, observes Odile Marcotte, and GERAD reflects that very well. For that reason, she welcomes the collaboration planned in 2006 between GERAD and the Centre de recherches mathématiques (CRM) at the Université de Montréal. From June to December 2006, the CRM is organizing a Theme Semester on Combinatorial Optimization in which GERAD will be participating. It is one of the first times that CRM has undertaken to organize a series of workshops dealing

with operations research. Odile Marcotte is coordinating workshops that will address issues such as Network design: optimization and algorithmic game theory, Hybrid methods in integer programming, Polyhedral combinatorics, Approximation algorithms, and Data mining and mathematical programming. **G**

## From baseball to football to polyhedral combinatorics

Until very recently, Major League Baseball scheduled the annual baseball season for its 30 teams, each with a 162-game season and a prescribed number of home and away games, by hand. It boggles the mind simply to think about trying to fit in all sorts of constraints and satisfying everybody, especially when billions of dollars are at stake. **David Avis**, Professor of Computer Science at McGill and GERAD Member, points out that the first talk ever given on the new way of scheduling professional sports was at the GERAD Colloquium on Applied Combinatorial Optimization that he and Bruce Reed organized in October 2004. Speaker Michael J. Trick of the Carnegie Mellon University explained how sports scheduling problems can be solved using combinatorial optimization methods, and specifically how a tradition-riddled sport like baseball – seasons have had 162 games since the 1960s, and had 154 games from 1900 to 1960 – abandoned its old ways so as to solve previously unsolved problems, such as back-to-back home and away game problems.

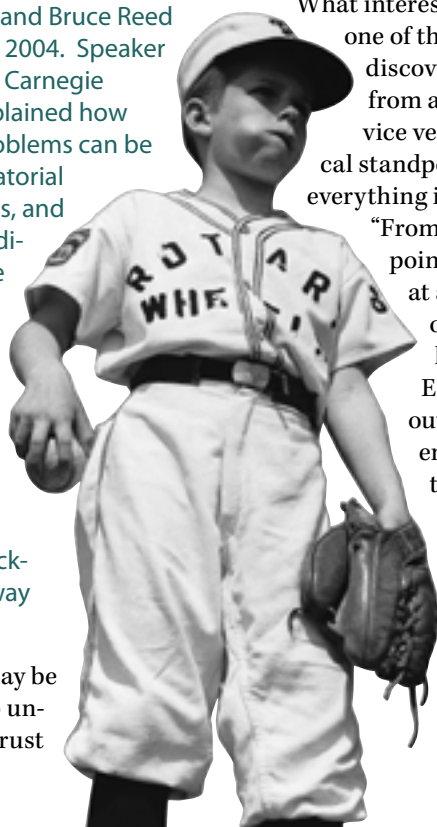
Baseball schedules may be an application, but to understand the main thrust

of David Avis's research work, it is better to look at a soccer ball, otherwise known as the truncated icosahedron, and other polyhedra. It is known as polyhedral combinatorics or polyhedral computation.

“We have problems where a finite number of possibilities are feasible and the others are not,” explains David Avis. “To choose among the feasible possibilities, we will have an objective function which is typically a linear function, possibly quadratic. The goal is to find the optimal value of this function over the feasible set. What I'm looking at is modelling this feasible set. It's a discrete set, but we can model it as a continuous space that we call its convex hull, which represents all convex combinations of these possibilities. The convex hull is a bounded polyhedron whose vertices represent the feasible possibilities. Though we replace the discrete set by a continuous set, we are only really interested in these corners or vertices. Such a bounded polyhedron can be described either by a list of its vertices, or by a list of its faces. For example, a cube has 8 vertices and 6 faces, and a soccer ball has 60 vertices and 32 faces.”

What interests David Avis is converting one of the descriptions to the other: discovering the list of all the faces from a list of all the vertices, or vice versa. “From a mathematical standpoint, the problem is trivial, everything is understood,” he notes.

“From a computational standpoint however, it is not trivial at all. We want to read in one of these descriptions and have a program that will EFFICIENTLY produce the output. The complexity grows enormously with the size of the input, and that is where the problem remains unsolved. The goal is to develop a good algorithm for it.” David Avis adds that many of the best examples of polyhedral combinatorics come from specific real situations or



applications such as scheduling.


In the early 1990s David Avis and his colleague Komei

Fukuda developed a new algorithm called a reverse search for enumeration that turned out to be a memory efficient way to solve problems. "I then wanted to test it and so I built a code in C," recalls Avis. "Though I wrote it as an experiment other researchers found out about it and started using it. Their continual requests for improvement and additional features led to the development, over about 10 years, of the *LRS* code, which is a state-of-the-art code for the problem."

David Avis has not tried to develop the code commercially, however he relishes receiving input from users and potential users. "The program is now distributed as a programmable library. If it doesn't do exactly what you want, you can tweak it. If I have the time and the job is interesting, I'm glad to tweak it because that is how a code can be improved. That is why I have become more interested in applications, be they commercial or scientific. Some are really interesting."

Although he has taught Computer Science at McGill since 1977, after obtaining his Master's from Waterloo and his Doctorate from Stanford, David Avis only joined GERAD in 2001. He describes GERAD as "our great secret", quoting former Director Richard Loulou, also from McGill. "This environment is ideal for research. Nobody disturbs you. I can work without interruption. Other researchers are



just next door. Initial publishing in the *Cahiers du GERAD* is great. The group is very well organized and very professional, especially in the organization of international events that bring together world leaders in the field." David Avis is now preparing a workshop on polyhedral combinatorics that will be held in October 2006 as part of the CRM/GERAD Semester on Combinatorial Optimization between June and December 2006. 

## Life of a traveling salesman problem

Can we imagine Willy Loman, the traveling salesman in Arthur Miller's famous play *Death of A Salesman*, having had a happier life. He might have if he had only known that the problems he faced everyday would impasse some of the world's top mathematicians for close to a century? Would he have been even happier to know that solutions to his mundane problems could help solve hundreds and hundreds of practical problems and earn scads of money for its users and appliers? The archetype traveling salesman problem, or the TSP as it is known to the cognoscenti, is a prescribed set of cities that the salesman must visit in the cheapest possible way before returning home.

**Vašek Chvátal** and three colleagues, though they have not earned scads of money for their work, are among those who have passionately studied the TSP and have developed the world's leading algorithm and computer program to solve it.

Professor Chvátal is a member of GERAD, a professor of Computer Science at Concordia University and Canada Research Chair in Combinatorial Optimization. He points out with a smile that mathematicians first tackled the traveling salesman problem as a purely "recreational mathematics problem. All applications came afterwards." And he adds, "It is so easy to state and so seductive that people worked on it like crazy. Most of the good ideas in combinatorial

optimization came from completely useless problems. I often compare mathematical problems to competitive sports where people try to outdo each other and go for the gold medal. I got involved in it and wrote a computer code with three friends, and that earned us the gold. But somebody is bound to take it away from us." When asked if he tackled the TSP as a sport, Professor Chvátal replies: "Of course".

One of the ironies about the TSP is that, despite all the mathematicians' efforts, no traveling salesmen appear to actually use the software that has been developed. "If there are any," said Chvátal in a previous interview, "I don't know where they are hiding." To another question about whether it bothered him to have invested so much time in something so irrelevant, he answered, "Did it bother IBM that it invested so much time and so many resources into something as irrelevant as Deep Blue (the chess-playing program)? The traveling salesman problem is to mathematical programming what chess is to artificial intelligence: a thoroughly useless and fiercely competitive sport that serves as a testing ground of your techniques."

Professor Chvátal and his colleagues chose Sweden to solve the most difficult problem because they wanted to solve an impressive problem that in fact could be solved. In a nutshell, in May 2004, they solved the traveling salesman problem of visiting all 24,978 cities in Sweden, with a tour length of 855,597 TSPLIB units (approximately 72,500 kilometres) and they proved that no shorter tour exists. It is the largest solved TSP instance and it beat their previous April 2001 record of 15,112 cities throughout Germany. In fact, they have held the record since 1994.

It is important to be philosophical about applications for mathematical problem resolution. Vašek Chvátal notes that it takes time for ideas to seep through and for researchers to make their discoveries digestible. But he has no doubt that what they have discovered will become useful for something, and adds that close



## Five top combinatorial researchers at GERAD



**Gilbert Laporte**

HEC Montréal –  
University of Montréal

Combining the power of  
the mind with the power  
of the computer



**Alain Hertz**

École Polytechnique  
– University of Montréal

Believe it or not, taboos  
can enlighten us



**Odile Marcotte**

Université du Québec  
à Montréal – UQAM

Colouring is not  
a child's play



**David Avis**

McGill University

From baseball to  
football to polyhedral  
combinatorics



**Vašek Chvátal**

University Concordia

Life of a traveling  
salesman problem


... The trajectory ..., from page 2.

of large numbers.” Thus, the table was set for the introduction of operations research methods. It can be concluded that his scientific attraction to GERAD stems from that period.

It is an understatement to say that electrical engineering is a vast discipline whose applications far exceed the conventional field. This can be explained largely by the presence of control theorists in the discipline who act as dynamic systems generalists. Operations research methods (i.e., optimization, mathematical modelling, game theory) play a major role in the success of these efforts in tackling general systems. “Time, however, plays a more important role for control theorists than it does in operations research,” observes Roland Malhamé. “We seek to identify a control strategy that enables minimization of a given cost criterion over a time horizon.” Examples of areas where electrical engineering and other disciplines overlap include optimization of operation of Montreal Metro trains (when to brake or accelerate to minimize energy consumption); management of dams (demand forecasting, runoff and corresponding management); finance; electricity sales management in a deregulated market; optimization of production in manufacturing systems and congestion management in the Internet, as well as possible interaction between these two areas of applications.

“The Internet and a manufacturing system are very different objects, but they could both be of interest to each other,” he adds. “Internet engineers could learn from notions of ‘just-in-time’, ‘push’ and ‘pull’, as well as total quality, which have been proven in manufacturing. But if we continue working exclusively in one field or the other, it is impossible to imagine that they have things in common that could lead to innovations.”

More recently, Professor Malhamé became interested in the application of game theory to optimization and optimal control problems for large systems. “For control theorists like me, game theory is a way to build decentralized control laws that are both more robust, in that they can better resist information loss, and less computation intensive.”

Since GERAD directors are chosen from its midst, meaning that they are researchers first and foremost, new GERAD directors do wonder whether or not their new responsibilities will hinder their research activities. Roland Malhamé is aware that his new tasks could limit his research time, but he addresses the question as a scientist would. “There’s no question of stopping my research work; however it is obvious that GERAD will always be the priority. All previous directors have managed to remain active on both fronts. I see becoming director as opening a new potential for collaboration. What’s more, the directorship remains primarily a scientific undertaking, first and foremost involved in the organization of seminars and workshops. This is unlike being an academic department director who is faced with more important daily management problems.” 

### GERAD Newsletter

Published 2 to 3 times a year by GERAD.

Director  
**Georges Zaccour**  
georges.zaccour@gerad.ca

**GERAD**  
HEC Montréal  
3000, chemin de la Côte-Sainte-Catherine  
Montréal, Québec, Canada  
H3T 2A7  
Telephone : (514) 340-6053

Web site  
[www.gerad.ca](http://www.gerad.ca)  
[bulletin@gerad.ca](mailto:bulletin@gerad.ca)

Editor  
**Robin Philpot**  
rphilpot@sympatico.ca

Translation  
Robin Philpot

Graphic Design  
HEC Montréal

Legal deposit: 4<sup>th</sup> quarter 2005  
Bibliothèque nationale du Québec

Reproduction authorized with  
acknowledgement of source.

# GERAD'S 25<sup>th</sup> anniversary in pictures



The organizers of the 2005 Optimization Days and the International Colloquium marking GERAD's 25<sup>th</sup> anniversary. Left to right: **Guy Desaulniers, Alain Hertz, Mrs. John Nash, John F. Nash, Michèle Breton, Georges Zaccour.**



**John Nash**, Nobel Prize winner in Economic Sciences, was the special guest speaker for GERAD's 25<sup>th</sup> anniversary. In 1994, at age 66, John Nash shared the Nobel Prize with two co-winners for his work on game theory, including the Nash equilibrium and the Nash arbitration scheme, concepts that are applied universally today. Professor Nash spoke on the subject of co-operative games between two or three players. John Nash's unusual life was the subject of the famous book *A Beautiful Mind*, by Sylvia Nassar. The book was made into a movie directed by Ron Howard, and won four Oscars in 2002. Today, at age 77, the celebrated mathematician continues his research into game theory, at Princeton.



175 people attended the **gala** celebrating GERAD's 25<sup>th</sup> anniversary held at Altitude 737, atop the Place Ville-Marie, on May 12, 2005.



**Pierre L'Écuyer**, GERAD's first doctoral student, published the first *Cahier du GERAD* in 1980 together with Alain Haurie, GERAD founder and first director. It bore the title: *Optimal and Suboptimal Strategies for Group Preventive Replacement*. Also in the photo, from left to right, **Georges Zaccour**, **Michèle Breton**, and **Jean-Louis Goffin**.



Guest professors at GERAD: **Odile Pourtallier** from INRIA-Sophia-Antipolis (Institut national de recherche en informatique et en automatique) (left) and **Mabel Tidball** from the Institut National de la Recherche Agronomique (INRA) (right).



A **major exploit** was to publish **10** commemorative volumes, a project that mobilized **24** editors, members of GERAD, and resulted in the publication of **116** chapters comprising **3218** pages written by **250** authors from throughout the world.

Roland Malhamé hails GERAD's excellent links with HEC and vows to maintain them, particularly in the area of quantitative methods. In fact, GERAD has provided HEC with a significant number of new professors. HEC's researchers contribute in finance, logistics, supply chain management, transportations, and energy as well as in more fundamental aspects (e.g. optimization, combinatorics, graph theory, game theory...). Links like these should be a model for other participating institutions. For instance, GERAD has welcomed talented young members from the McGill Faculty of Management, but recruitment of other talented control theorists from the Electrical Engineering Department should also be considered. GERAD also includes very active members from UQAM, but not nearly enough, and we should look into recruiting more. As for École Polytechnique, GERAD has solid links with the industrial engineering department. However, the GERAD know-how could be confronted with other engineering areas such as civil engineering including traffic management (management of streetlights and expressways) and seismic studies (active buildings), chemical and biomedical engineering that includes biotechnology and pharmacology, electrical engineering including telecommunications, which is already present, but also optimization of electronic circuit layout, minimal components digital circuit design, and transactions optimization in a deregulated electric energy market."

"Engineering raises questions and presents models, whereas GERAD can provide solutions or take on new broad questions raised by the engineering problems presented. From such systematic encounters, both GERAD and the various disciplines stand to gain."

For example, biotechnology and, more broadly, biology are underrepresented at GERAD according to Roland Malhamé. "In the 21<sup>st</sup> century, biotechnology, which is very present in the greater Montreal area, is bound to expand worldwide as

the population ages. Major diseases today like cancer and diabetes are autoimmune. Basically, they are huge control systems simply gone out of control, and mathematical modelling and optimization could go a long way in helping. Doctors prescribe medication as best they can, but the doses given are approximations that are unchanging and unable to adjust according to the patients' activities and to the bodies' needs. Mathematical modelling and optimisation would make it possible to modulate the dose, minimize intrusion, and reduce secondary effects. After all, the pancreas does not operate that way. It is more intelligent." The links between GERAD and biotechnology could be established by recruiting a biotechnology researcher or a pharmacologist or by organizing summer schools on the issue.

In a similar spirit of building links, Roland Malhamé would like to bring together and consolidate efforts in manufacturing logistics at HEC, École Polytechnique, McGill and UQAM.

In order to soundly develop the multidisciplinary and multi-university nature, GERAD's premises need to be improved. Although Roland Malhamé is not yet sure how this can be done, he intends to endeavour to improve the office space situation based on the notion that to bring people together and facilitate interdisciplinary and inter-university collaboration, common office space is required. Moreover, although Internet has revolutionized communications, GERAD members are still more likely to get to know each other and to collaborate if the probability that they meet each other physically in a single common area is greater. This means that the physical situation must be improved, but also that the opportunities for dialogue among different disciplines and universities should be multiplied so as to establish a better climate for exchanging ideas and for developing knowledge. Roland Malhamé adds, "There is a tremendous amount of talent at GERAD, but we don't always have as much dialogue as we could."

GERAD's new director sees another similar challenge that involves enhancing GERAD's international reach and reputation, particularly in the French-speaking world. Concretely, this could mean favouring the integration of students coming from this vast basin of population, in particular recruitment of new and promising talent from France and elsewhere in Europe (underrepresented until now), and establishment of internships at GERAD. Roland Malhamé draws from the experience in the United States where, he notes, fifty percent of professors and students involved in scientific research come from two large countries, namely China and India. "Without the contributions from these two countries, scientific research in the United States would collapse. GERAD has every interest in drawing its researchers from that other large basin that the French-speaking group of countries – la Francophonie – represents." Of course, such an orientation would by no means exclude reinforced collaboration with the United States and the rest of Canada.

Roland Malhamé also aims to facilitate the integration of young members of GERAD so as to help them find their way. He proposes a sort of sponsorship of new members to enable them to learn more about what GERAD has to offer and help them discover potential collaborators in research.

In addition to enhancing GERAD's international reach and reputation, he wants to renew and enrich the group's cooperation with its closest neighbour, the Centre de recherches mathématiques (CRM). Mathematical modelling is a crucial aspect for us, and the CRM organizes thematic semesters that are often very relevant for GERAD.

Roland Malhamé knows that there is much work ahead of him, but he starts his mandate with a smile and somewhat philosophically declares: "You know, four years is a short time, but four years can also be a long time." 