

# Bulletin

Groupe d'études et de recherche  
en analyse des décisions

GERAD

## L'état de la **recherche;** et la **3<sup>e</sup> génération** du GERAD à l'œuvre

Dans ce numéro du Bulletin, Jean-Claude Cosset, directeur de la recherche à HEC Montréal, et Gilles Savard, directeur de la recherche à l'École Polytechnique de Montréal, font le bilan de la recherche dans leur établissement et présentent leur vision du futur. Le Bulletin a aussi rencontré Charles Audet, Geneviève Gauthier et Dominique Orban, trois brillants chercheurs de la troisième génération au GERAD. Ils ont tous les trois fait des mathématiques à l'origine, pour ensuite s'intéresser à des domaines d'applications et des problèmes fort différents.

Au chapitre des bonnes nouvelles, le prix Nobel de la paix a été décerné à Al Gore et à l'IPCC (*Intergovernmental Panel for Climate Change*), dont fait partie Richard Loulou, membre fondateur du GERAD et ancien directeur. Nous sommes très fiers de cet accomplissement d'un des nôtres!

Au chapitre des mauvaises nouvelles, Anita Beauchamp a eu la curieuse idée de prendre sa retraite. Pour la remercier, nous avons tenu un cocktail en son honneur, ce qui nous a permis de réunir tous ceux qui ont dirigé le GERAD depuis sa fondation en 1980 (voir la page 12). Merci infiniment Anita pour tout ce que tu as fait pour le GERAD. Profite bien de la nouvelle carrière qui commence.

Bonne lecture,  
Georges Zaccour

## Le GERAD nobélisé à travers le professeur **Richard Loulou**

En 2007, le prix Nobel de la paix était décerné à Al Gore et à l'IPCC (*Intergovernmental Panel for Climate Change*) pour récompenser « leurs efforts de construction et de dissémination d'une connaissance accrue des changements climatiques résultant de l'activité humaine,

... suite à la page 12

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

### SOMMAIRE

|  |    |
|--|----|
| Nouvelles brèves .....   | 2  |
| À HEC Montréal, la recherche est plus importante que jamais : Jean-Claude Cosset .....     | 3  |
| Nous n'avons pas le choix : notre économie passe par l'innovation! Gilles Savard .....     | 3  |
| L'ingénierie financière démystifiée par Geneviève Gauthier .....                           | 6  |
| Le fond de la boîte noire : Charles Audet .....  | 8  |
| Structures, finances, imagerie médicale : Dominique Orban y trouvera le point commun ..... | 10 |



#### MENTION D'EXCELLENCE POUR MICHEL GAMACHE

Michel Gamache, professeur agrégé au Département de mathématiques et de génie industriel de l'École Polytechnique et membre du GERAD, a reçu du Conseil académique une mention pour l'excellence de son travail.

#### EL-KÉBIR BOUKAS PUBLIE UN LIVRE CHEZ SPRINGER

En janvier 2008, le livre du professeur El-Kébir Boukas intitulé *Control of Singular Systems with Abrupt Changes* de la série *Communications and Control Engineering* a été publié chez Springer. Membre du GERAD, El-Kébir Boukas est professeur titulaire au Département de génie mécanique à l'École Polytechnique de Montréal.

#### SAIBAL RAY REÇOIT LE DESAUTELS FACULTY SCHOLAR AWARD

Saibal Ray, professeur agrégé à la Faculté de gestion Desautels de l'Université McGill et membre du GERAD, a reçu le *Desautels Faculty Scholar Award*. Ce prix est attribué sur la base des éléments suivants :

- Maturité du chercheur démontrée par un dossier important de publications dans des revues universitaires de premier plan liées à la spécialité du chercheur, comparativement au groupe de chercheurs de même spécialité et au même stade de développement;
- D'autres démonstrations de rendement de recherche et d'impact incluant subventions de recherche, livres et autres publications, autres prix de recherche ainsi que le total des citations;
- Le nombre d'étudiants supervisés aux cycles supérieurs ainsi que leur capacité d'insertion dans le monde du travail.

#### GILBERT LAPORTE, LAURÉAT DE LA MÉDAILLE INNIS-GÉRIN

Gilbert Laporte, titulaire de la Chaire de recherche du Canada en distributique et membre du GERAD, a reçu la médaille Innis-Gérin 2007 de la Société royale du Canada (SRC) lors du banquet tenu dans le cadre de l'assemblée générale annuelle de la SRC, le 17 novembre, à Edmonton.

Cette médaille est attribuée à une personne dont l'œuvre constitue un apport éminent et soutenu en sciences sociales.

#### ANNE MERCIER REÇOIT LE PRIX DE LA MEILLEURE THÈSE DE DOCTORAT D'INFORMS

L'étudiante de doctorat Anne Mercier, dirigée par François Soumis, École Polytechnique de Montréal et GERAD, a reçu le prix pour la meilleure thèse de 2007 d'INFORMS, section Applications de l'aviation, pour sa thèse « Méthodes de décomposition pour la planification intégrée des itinéraires d'avions et des rotations d'équipages ». Cette année, neuf thèses provenant des États-Unis et d'ailleurs dans le monde étaient en lice pour cette compétition de haut niveau.

#### CONGRÈS PRÉVU EN 2008

Atelier sur la Génération de colonnes 2008 qui se tiendra à Aussois, France, du 17 au 20 juin 2008.

MCQMC '08 - Huitième Conférence Internationale sur les méthodes Monte Carlo et quasi-Monte Carlo en calcul scientifique du 6 au 11 juillet 2008, à HEC Montréal.

Deuxième atelier de résolution de problèmes industriels de Montréal, du 18 au 22 août 2008, au pavillon André-Aisenstadt de l'Université de Montréal.

#### DÉPART

Anita Beauchamp, agente d'administration, nous quittera à compter du 1<sup>er</sup> août 2008 pour une retraite bien méritée après 27 ans de services. Un cocktail en son honneur a été tenu le 1<sup>er</sup> mai 2008.

Merci Anita!

# À HEC Montréal, la **recherche** est plus importante que jamais

Jean-Claude Cosset

« Fer de lance, fleuron de la recherche de HEC Montréal! » C'est en ces termes élogieux que **Jean-Claude Cosset**, professeur titulaire et directeur de la recherche à HEC Montréal, décrit le GERAD. « HEC Montréal est affiliée à plusieurs centres de recherche mais c'est au GERAD, auquel sont affiliés 21 professeurs, que notre participation est la plus importante. »



Jean-Claude Cosset

Pour Jean-Claude Cosset, cette participation, qui remonte à la fondation même du GERAD par Alain Haurie, alors professeur à HEC, et qui ne s'est jamais démentie, est un élément clé dans l'essor

de HEC Montréal. « Auparavant, dans les écoles de gestion, on ne mettait pas trop l'accent sur la recherche mais cela a beaucoup changé. En effet, il y a 25 ans si un professeur dans une école de gestion faisait de la recherche, il fallait presque qu'il s'en excuse. Aujourd'hui, c'est le contraire : il aurait lieu même de s'excuser si on ne fait pas de recherche. »

Au moins deux raisons expliqueraient ce changement, selon Jean-Claude Cosset.

... suite à la page 4

# Nous n'avons pas le choix : notre économie passe par l'**innovation**!

Gilles Savard

Est-ce toujours un secret bien gardé? Que Montréal est un centre de classe mondiale en recherche opérationnelle grâce aux centres de recherche, dont le GERAD? De moins en moins, selon **Gilles Savard**, directeur de la recherche et de l'innovation à l'École Polytechnique et membre du GERAD. Mais comme la recherche opérationnelle est parfois difficile à saisir, en comparaison avec les découvertes en nanotechnologies, il reste encore de la vulgarisation à faire. Ironie du sort, le jour où Gilles Savard rencontrait le Bulletin du GERAD, le directeur général de l'École Polytechnique, Christophe Guy, prenait la parole devant la Chambre de commerce du Montréal métropolitain pour expliquer, entre autres, que Montréal est un chef de file mondial en recherche opérationnelle et que celle-ci est un axe prioritaire pour le campus de l'Université de Montréal dont il faut savoir tirer parti.

Pour l'École Polytechnique, explique Gilles Savard, la recherche opérationnelle s'inscrit dans l'un des six axes prioritaires en recherche, qui sont nécessairement arrimés à la vision gouvernementale et à la communauté dont Polytechnique est issue. Ces axes sont les technologies de l'information, le génie du vivant, les matériaux avancés et nanotechnologies, l'énergie et l'environnement, les hautes technologies de fabrication et l'aérospatiale et le génie des systèmes, qui englobe la recherche opérationnelle. Gilles Savard ajoute que l'École Polytechnique entend maintenir et développer ce domaine, dont le GERAD et le CIRRELT (né de la fusion du CRT, du CENTOR et de Polygistique) sont les principaux points d'ancrage. « C'est un axe fort en plus d'être un axe unificateur, à la fois pour l'Université de Montréal et ses écoles affiliées (HEC et Polytechnique) et pour les universités montréalaises. »

Comment se porte la recherche scientifique en générale? Gilles Savard : « Je dirais que la recherche universitaire au Québec se porte bien aujourd'hui après le réinvestissement des dernières années. À Polytechnique, nous recevons notre juste part des subventions

gouvernementales entre autres dans les programmes de chaires de recherche du Canada et de la Fondation canadienne pour l'innovation (FCI), l'offre du financement de la recherche s'est diversifiée tant à Ottawa qu'à Québec, le tout contribuant à une augmentation nette des fonds disponibles. En fait, l'intensité de recherche par professeur à Polytechnique se situe dans le peloton de tête des universités canadiennes. »

Gilles Savard ne dresse pas ce portrait positif sans y mettre un bémol. « Là où il peut y avoir une légère inquiétude au Québec, c'est au niveau de la recherche industrielle. En effet, depuis quelques années, selon le Conseil de la science et de la technologie et de l'Association de la recherche industrielle du Québec (ADRIQ), la recherche industrielle a connu



Gilles Savard

... suite à la page 5

## ... La recherche à HEC (fin)

D'abord, le recrutement de nouveaux professeurs. La présence de professeurs chercheurs et de centres de recherche de calibre international, comme le GERAD, exerce un grand pouvoir d'attraction. Un bon professeur veut savoir qu'il sera dans un milieu stimulant où la recherche est soutenue et où il y aura une masse critique de chercheurs qui offrent des occasions de collaboration. « Sans la présence de chercheurs et d'infrastructures de recherche comme les divers centres, nous aurions de la difficulté à recruter certains professeurs de qualité. D'ailleurs, depuis deux ou trois années, j'ai constaté qu'on recrute de plus en plus des gens qui ont un profil de recherche. »

Deuxième raison de l'expansion de la recherche : une école de gestion comme HEC doit se mesurer aux autres grandes écoles de gestion mondiales, notamment par les classements établis par les magazines d'affaires tels *Business Week* et le *Financial Times* et par certaines écoles de gestion elles-mêmes, comme l'University of Texas, à Dallas. Or, la qualité de la recherche effectuée dans ces écoles joue un rôle clé dans le classement qui est établi notamment par le nombre de publications dans les grandes revues bien identifiées, telles que *Management Science*, *Operations Research* et autres. « Ce qui fait la réputation d'une école de gestion, c'est, par exemple, la finance, le marketing, la recherche opérationnelle, la stratégie, les technologies de l'information. En effet, on nous demande d'énumérer les articles publiés dans les revues qui sont axées sur ces domaines, note Jean-Claude Cosset. J'y ajouterais les revues d'économie, même si elles ne figurent pas toujours dans les listes. Les professeurs de HEC affiliés au GERAD se distinguent par la qualité de leurs travaux de recherche et de leurs écrits, qui paraissent souvent dans ces revues ciblées. Cela rehausse considérablement la réputation de HEC. »

### Valorisation, transfert, formation des cadres

Un autre signe de l'importance accordée à la recherche aujourd'hui par HEC Montréal



est sans doute la création de la nouvelle Direction de la valorisation, du transfert aux entreprises et de la formation des cadres. En mars 2007, le nouveau directeur de HEC Michel Patry a créé cette direction dans la volonté de rester à l'affût des besoins et des tendances du monde des affaires. Cette nouvelle direction a pour tâche notamment de susciter des projets de recherche collaborative avec des entreprises ainsi que d'accompagner les professeurs dans le processus de valorisation, ce qui peut être très accaparant. Cela va de la déclaration de l'invention à la commercialisation en passant par la protection de la propriété intellectuelle, le développement du dossier avec la société de valorisation de HEC (Univalor), l'octroi de licences d'exploitation et la création d'entreprises dérivées. La nouvelle direction permet ainsi de renforcer les liens avec l'entreprise et, par la même occasion, de canaliser du financement privé vers la recherche. On fait valoir que les entreprises les plus innovantes s'associent à des centres de recherche universitaires jusqu'à quatre fois plus que ne le font la moyenne des entreprises.

Le financement demeure toujours l'enjeu principal de la recherche. Le numéro de décembre 2004 du Bulletin du GERAD portant sur la recherche scientifique au Québec faisait état d'un certain malaise à ce sujet. Jean-Claude Cosset fait remarquer toutefois que, au cours des dernières années, le financement public de la recherche a connu une nette augmentation. Les bailleurs de fonds tant québécois que fédéraux ont apporté un appui stratégique considérable. « À titre d'exemple, HEC Montréal compte

six chaires de recherche du Canada, soit le plus grand nombre pour une école de gestion. »

Se faire un nom en recherche n'est jamais facile. Comment HEC soutient-elle le démarrage des jeunes chercheurs ? « On leur offre dès leur arrivée des ateliers sur les exigences, le b.a.-ba des organismes subventionnaires. On les aide à soumettre leurs projets aux bailleurs de fonds et on les soutient lorsqu'ils soumettent des articles en vue de la publication, ce qui coûte particulièrement cher pour les revues en finance. Aussi, on essaie de les diriger vers des centres de recherche, qui offrent une excellente infrastructure. »

Dans la même veine, Jean-Claude Cosset insiste sur l'importance de permettre aux chercheurs de se regrouper dans un lieu physique commun. Les regroupements « virtuels », quoique possibles maintenant depuis l'arrivée de l'Internet, ne remplacent pas le contact direct, soit lors de séminaires organisés ou à l'occasion de rencontres au hasard. Selon Jean-Claude Cosset, ce regroupement physique permet des synergies remarquables qui n'existeraient pas autrement. C'est un atout que HEC est très contente de soutenir.

Autre élément important de la recherche à HEC Montréal : le travail multidisciplinaire. « Nous avons mis sur pied des regroupements stratégiques en recherche qui sont nécessairement multidisciplinaires. Ces regroupements tiennent des ateliers stratégiques et, en bout de ligne, il revient au chercheur maintenant de faire la preuve qu'il y a une multidisciplinarité. En ce sens, le GERAD, qui est multidisciplinaire par définition, joue un rôle important. »

## ... Innovation à Polytechnique (fin)

une décroissance. » Comment l'expliquer? Gilles Savard suggère quelques hypothèses : « l'internationalisation des entreprises qui décident de concentrer leurs recherches dans des pays en émergence, la force du dollar canadien qui oblige des entreprises à réduire les coûts, la mauvaise posture des manufacturiers et une tendance des grandes entreprises à impartir la recherche vers les universités. Alors que le Québec souhaitait consacrer 2 % du PIB à la recherche et au développement en 2010, force est de constater que cet objectif ne sera probablement pas atteint. »

### Les hauts et les bas de l'impartition

Malgré la légère baisse dans le bilan global, l'impartition de la recherche par les grandes entreprises est tout de même intéressante pour la recherche universitaire. À titre d'exemple, observe Gilles Savard, Pratt & Whitney impartit

aujourd'hui de 30 à 40 % de son budget de recherche vers les universités et les centres de recherche, ce qui représente une augmentation énorme. À cette tendance s'ajoute le développement de consortiums comme le CRIAQ (Consortium de recherche et d'innovation en aérospatiale au Québec) qui agissent comme facilitateurs ou passerelles entre l'industrie et les universités. Le CRIAQ est un modèle au Canada, selon Gilles Savard. Il vise toujours à établir une masse critique en insistant sur la présence d'au moins deux entreprises et deux universités dans tout projet de recherche. Gilles Savard rappelle que Polytechnique a toujours eu des relations privilégiées avec l'industrie, près de 40 % de sa recherche étant financé par l'industrie.

L'impartition de la recherche scientifique vers les universités s'accompagne de l'embauche par l'industrie de ce que Gilles Savard décrit comme des super intégrateurs de technologies. Au lieu d'avoir de grands laboratoires de recherche, l'industrie comptera sur des spécialistes ayant fait des études doctorales et post-doctorales et qui sauront ce qui se passe autant en recherche universitaire que dans le marché. Parallèlement, l'université doit s'ajuster au fait que moins du quart des étudiants au doctorat seront des professeurs d'université une fois le diplôme terminé. L'industrie puisera à même ce groupe pour les intégrateurs technologiques.

Si le financement de la recherche semble être au rendez-vous, Gilles Savard ne peut pas dire autant sur le financement

global des universités, ce qui a un impact inévitable sur la recherche. Il note d'abord : « le financement par étudiant en génie est à 30 % inférieur à celui d'un étudiant en Ontario. Là où cela touche la recherche, c'est dans le sous financement des frais indirects. L'École Polytechnique offre d'importantes infrastructures de recherche, souvent très lourdes et coûteuses, qui sont partagées par les chercheurs de toutes les universités. Ces infrastructures sont un atout incontournable dans le recrutement et la formation. Or, il faut les chauffer et les entretenir. Si on finançait la recherche à sa juste valeur, il faudrait ajuster les frais indirects qui font partie actuellement du budget global. »

Grâce à sa propre expérience, Gilles Savard est très sensible à la valorisation des découvertes des chercheurs. Quand le Bulletin l'a rencontré la première fois en juin 2004, il prévoyait qu'une entreprise du nom ExPretio serait en mesure de commercialiser, dès 2005, des logiciels de tarification mis au point à partir d'un modèle mathématique qu'il avait développé avec d'autres collègues. Aujourd'hui, ExPretio, dont il est un des cofondateurs, est une entreprise de haute technologie, avec pignon sur rue à Montréal qui emploie une dizaine de personnes hautement qualifiées. Quoi que ExPretio compte parmi ses clients des entreprises canadiennes, il fait affaire davantage avec des entreprises européennes. « Généralement, observe Gilles Savard, les clients européens sont plus audacieux, plus ouverts à la haute technologie qu'au Canada, qui n'est pas reconnu nécessairement comme une société innovante. Peut-être, on a trop longtemps compté sur les matières premières et les valeurs manufacturières sûres. Heureusement ça bouge aujourd'hui, avec les stratégies du gouvernement fédéral et du gouvernement du Québec. Nous n'avons pas le choix. Notre économie passe par l'innovation : ou bien on innove, ou bien on va se faire doubler par les autres qui seront plus efficaces. » En cette matière, Gilles Savard considère le GERAD et le CIRRELT (CRT) comme des modèles à suivre.

# L'ingénierie financière démystifiée

## par Geneviève Gauthier

Si au moment de la fondation de HEC Montréal en 1907, ou même 50 ans plus tard, **Geneviève Gauthier** avait dit qu'elle était responsable de l'option ingénierie financière du programme de M. Sc. à HEC, on aurait sûrement dit qu'elle était un peu désorientée : c'est à l'École Polytechnique qu'on enseigne l'ingénierie, et à HEC, la finance. La démarcation était claire, voire infranchissable.



Geneviève Gauthier

Aujourd'hui, les choses ont changé. La multidisciplinarité a engendré de nouvelles disciplines, dont l'ingénierie financière, devenue un incontournable pour les banques

et les sociétés financières, mais aussi de plus en plus pour les entreprises non financières. Geneviève Gauthier est membre du GERAD et responsable de l'option d'ingénierie financière au programme de M. Sc. à HEC Montréal où elle est professeure agrégée au Service de l'enseignement des méthodes quantitatives de gestion.

Après avoir fait une maîtrise en statistique à l'Université du Québec à Montréal, Geneviève Gauthier a obtenu son doctorat en mathématiques de l'Université Carleton, à Ottawa, en 1996. Sa thèse a porté sur la probabilité et, plus spécifiquement, sur le calcul stochastique. Dès septembre 1996, elle a été embauchée par HEC Montréal au Service des méthodes quantitatives de gestion. « Comme je n'étais pas dans le



département des mathématiques d'une université, mais plutôt dans une école de gestion, rappelle-t-elle, j'ai choisi de m'adapter à mon nouveau milieu et de réorienter ma carrière vers la finance. En effet, à ce moment-là, à HEC, on commençait à faire de l'ingénierie financière, notamment avec l'introduction en 1997 d'une maîtrise en ingénierie financière. »

Venant du domaine des mathématiques, Geneviève Gauthier note qu'elle a appris l'ingénierie financière avec des collègues de HEC Montréal spécialisés en finance, dont Jean-Guy Simonato et Jin-Chuan Duan. « Les problèmes viennent du domaine des finances, mais ils sont d'une grande complexité et ils

demandent un niveau de connaissances et d'habiletés élevé en mathématiques. D'où la complémentarité nécessaire dans la recherche. »

À la question à savoir comment définir l'ingénierie financière en une phrase, Geneviève a répondu avec quelques phrases claires et simples qui pourraient se résumer comme suit : l'ingénierie financière est un domaine multidisciplinaire réunissant la théorie financière, des méthodes d'ingénierie, des outils mathématiques et la programmation informatique. L'objectif est d'appliquer nos connaissances des mathématiques afin de répondre à des problématiques financières telles la gestion de portefeuille, la gestion des

risques, la tarification des produits dérivés et ainsi de suite.

### Technologies et finances en convergence

Comme pour d'autres domaines de recherche au GERAD, l'ingénierie financière doit sa naissance et son essor à deux phénomènes : la croissance rapide de la capacité numérique et, dans le cas qui nous concerne, la complexité des problèmes présentés par le marché financier. « Les premiers articles sur les produits dérivés, qui sont une sorte de contrat d'assurance pour les marchés boursiers, ont paru au milieu des années 1970, rappelle Geneviève. Ces produits dérivés, dont on parle beaucoup aujourd'hui, soulevaient de nouveaux problèmes qu'on essayait de résoudre de manière analytique ou avec des modèles assez simples, voire sommaires. Mais les ordinateurs étaient trop lents. En fait, l'ingénierie financière que l'on connaît aujourd'hui ne pourrait pas exister sans l'apport des technologies de calcul et d'information avancées. Nos modèles actuels, qui sont autrement plus complexes, sont rendus possibles grâce à la capacité numérique dont nous disposons. »

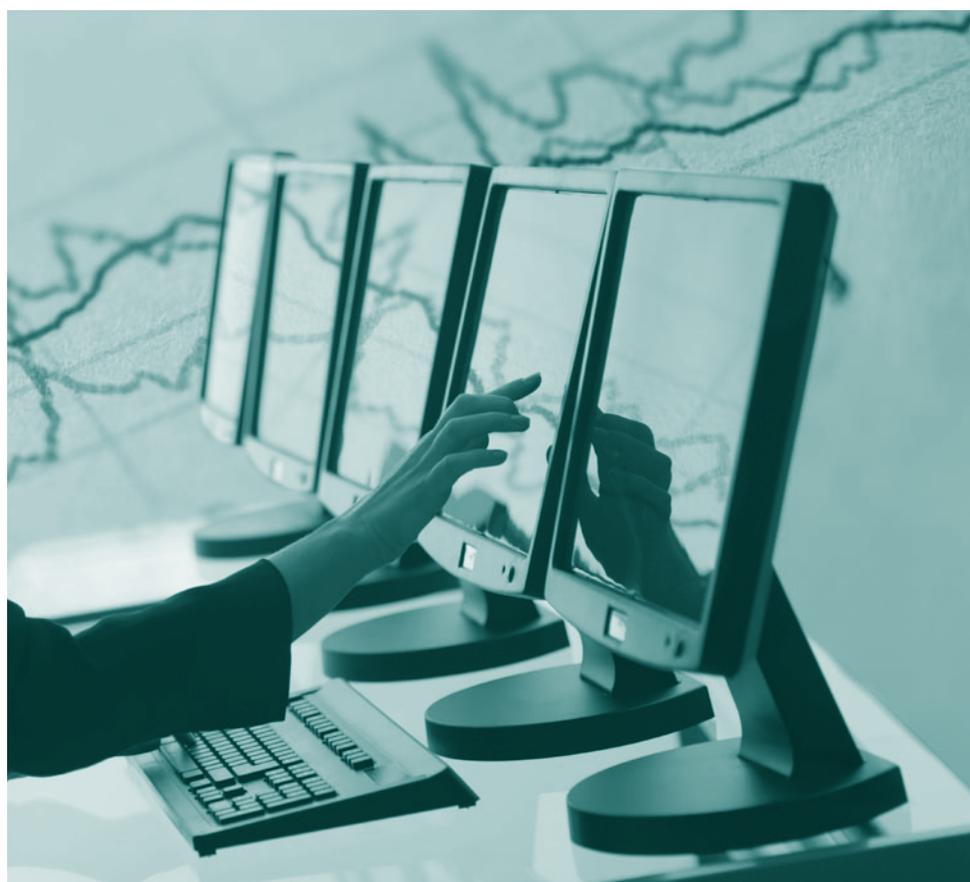
L'expansion des techniques d'ingénierie financière a été fulgurante, observe Geneviève, et cette expansion ne se dément pas. À titre d'exemple, les autorités réglementaires exigent que les banques fassent évaluer certains modèles utilisés par des spécialistes externes. Aussi, les entreprises financières et non financières se tournent vers les spécialistes en ingénierie financière. Signe des temps, Geneviève Gauthier a remarqué qu'elle reçoit de plus en plus d'appels d'entreprises qui cherchent des finissants pour combler des postes en gestion des risques, donc des ingénieurs financiers. Elle est bien placée pour y répondre ayant déjà dirigé seule ou avec d'autres une quarantaine de mémoires de maîtrise et de thèses doctorales. Elle ajoute, par ailleurs, que les finissants et finissantes de M. Sc. en ingénierie financière qui travaillent maintenant en entreprise représentent pour elle une

passerelle entre HEC et les entreprises et, par conséquent, une importante source de données toujours indispensables à la recherche scientifique. « Ils se tournent vers nous avec de beaux problèmes à résoudre, collés sur la réalité des entreprises, et ces problèmes deviennent d'excellents sujets de mémoires. De plus, les entreprises aident en offrant aux étudiants des bourses de recherche et en fournissant des bases de données qui, autrement, nous coûteraient trop cher. »

Active en enseignement, en administration et en recherche, avec des objectifs de publication, Geneviève Gauthier trouve le temps de faire de la consultation auprès d'entreprises. Elle y voit une bonne façon de valoriser et de mettre en pratique les résultats de ses travaux de recherche.

Membre du GERAD depuis son arrivée à HEC Montréal, Geneviève ne tarit pas d'éloges au sujet du centre de recherche. « Le GERAD fournit un service de soutien

essentiel et exceptionnel. Outre l'aspect technologique, il gère formidablement les subventions et l'embauche des équipes techniques. De plus, il nous permet d'organiser des événements de recherche qui seraient impossibles d'organiser autrement. Ils sont tellement efficaces. On dirait qu'on n'a qu'à en parler un peu, et c'est fait. »



# Le fond de la **boîte noire** : Charles Audet

Une « boîte noire » évoque inévitablement le mystère, l'énigme, l'opacité. Ce mystère s'épaissit quand on pense qu'il faut « optimiser la boîte noire ». Comment peut-on espérer optimiser quelque chose dont on ne sait rien, qu'on ne peut ni voir, ni modéliser? Voilà un problème, ou un type de problème, qu'essaie de résoudre **Charles Audet**, membre du GERAD et professeur à l'École Polytechnique. Une boîte noire qui l'amène à se pencher sur des sujets aussi divers que les avions – non pas l'enregistreur de vol communément appelé la boîte noire mais l'aile de l'avion –, la protection contre les tsunamis, les puits de pétrole, la finance, et tant d'autres.



Charles Audet

Avant de s'attaquer à ces mystères, Charles Audet a d'abord fait un baccalauréat en mathématiques à l'Université d'Ottawa, suivi d'une maîtrise et d'un doctorat à l'École Polytechnique

de Montréal, avec concentration en optimisation globale sous la direction de Brigitte Jaumard et de Gilles Savard, tous deux membres du GERAD. Charles connaît donc le GERAD depuis son arrivée à l'École Polytechnique en 1992. Il en est devenu membre en 2001, peu après son embauche au Département de mathématiques et génie industriel de l'École Polytechnique. Entre 1998 et 2000, il a fait des études post-doctorales à Houston sous la direction de John Dennis, une sommité dans le domaine. « C'était la meilleure décision de ma carrière, note Charles Audet. Parce que

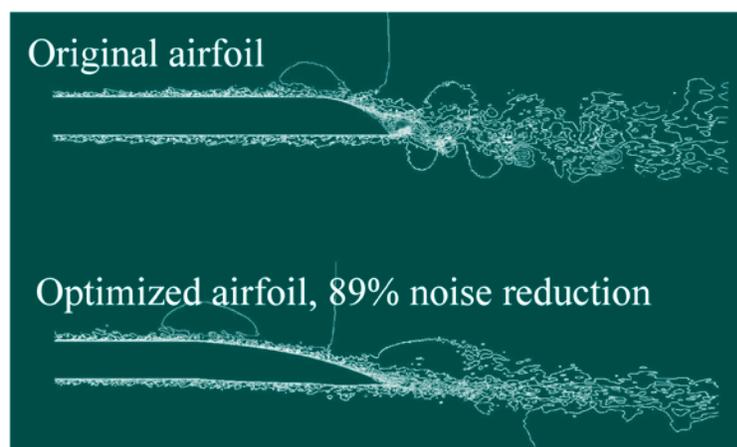
je suis allé travailler dans un domaine différent de ce qui se faisait au GERAD, de sorte que j'ai pu revenir avec de nouvelles connaissances acquises à Houston. » Dont, bien sûr, l'optimisation de boîtes noires...

Mais pourquoi la « boîte noire »? Charles Audet : « C'est nous qui avons choisi de l'appeler ainsi, justement parce qu'on ne sait pas ce qu'il y a dans la boîte. Les problèmes du genre « boîte noire » viennent typiquement de l'industrie où le secret est primordial. En entreprise, on veut optimiser une fonction mais sans en révéler les détails. » Le premier exemple que Charles cite vient de l'avionneur Boeing. Il s'agit de la conception optimale d'une aile d'avion qui permettrait de minimiser la turbulence et, ainsi, de faire des économies

à plusieurs niveaux. La méthode d'optimisation traditionnelle comprendrait beaucoup de va-et-vient entre l'équipe chargée de concevoir la structure de l'aile et celle qui calcule la turbulence.

« En effet, l'écoulement de l'air autour de l'aile a un effet sur la forme de l'aile tandis que cette déformation de l'aile a elle-même un effet sur l'écoulement de l'air, et ainsi de suite. Chaque calcul prend énormément de temps. Tout cela, c'est la boîte noire. Je ne suis pas un spécialiste des ailes d'avion, je n'y connais rien, ni en structure d'ailes, ni en turbulence,

mais si on me donne une boîte noire, je suis capable de trouver des paramètres de formes d'aile qui feront en sorte que la turbulence sera petite. L'industrie garde toute l'information de la boîte noire. Je donne une certaine forme d'aile qui produit une turbulence donnée, ensuite je donne une autre forme qui produit une autre turbulence. Mon optimiseur, ou algorithme, propose des formes d'aile qui sont évaluées par la boîte noire. Ce processus, qui n'est pas heuristique, consiste à proposer, à réfléchir, à proposer, à réfléchir, jusqu'à l'optimisation. »



Outre Boeing, les méthodes de boîtes noires que Charles a mises au point avec ses collègues sont utilisées notamment par Exxon Mobil, General Motors, les Forces armées des États-Unis. Charles Audet ajoute qu'il y a de fortes chances que l'algorithme est utilisé à d'autres fins par ces entreprises ou agences. Cela ne le surprend guère car, dans ses relations avec l'industrie, il s'aperçoit que chaque fois qu'un problème semble résolu, les représentants de l'industrie présentent une variation du même problème ou un tout nouveau problème. Ceci ajoute aux défis du chercheur.

### Un tsunami dans une boîte noire ?

« Depuis le tsunami dévastateur du 26 décembre 2004, de grands efforts sont déployés sur la protection contre de tels événements. Comme on ne peut pas les arrêter, il faut optimiser la détection et le temps d'avertissement au moyen de senseurs. Le *Pacific Marine Environmental Laboratory*, qui relève d'une agence du Département de Commerce, veut poser des senseurs sur le fond du Pacifique qui sont reliés à des bouées, lesquelles coûtent chacune au bas mot un quart de millions \$. Le Pacifique est énorme, le fond marin, très accidenté, et le coût des bouées, si l'emplacement n'est pas optimal, risque d'être astronomique. Le problème d'optimisation étant trop gros, poursuit Charles Audet, on a demandé des conseils à John Dennis, qui m'a intégré dans l'équipe peu après. Dans ce cas, l'information d'entrée est la position des bouées, celle de sortie est le temps d'avertissement, et la boîte noire est le fond marin, inconnu de nous mais connu des spécialistes du laboratoire. Nous leur

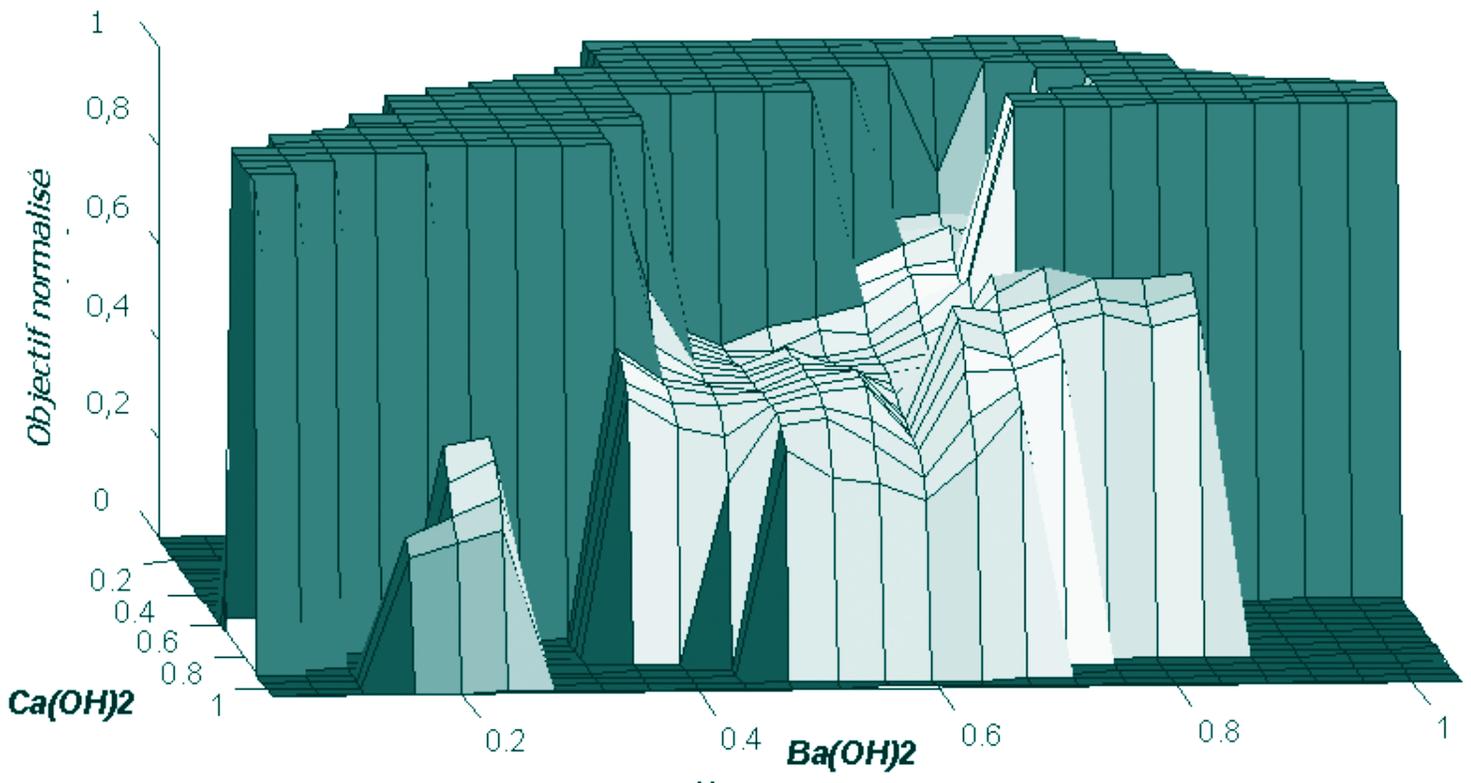
avons montré comment utiliser notre logiciel et, par la suite, après que les divers autres problèmes ont été résolus, six bouées ont été placées près de l'Alaska. »

Charles Audet fait de la consultation scientifique principalement aux États-Unis car, reconnaît-il, son réseau de contacts y est meilleur actuellement qu'au Québec. Donc, avis aux intéressés dans l'industrie ici! Les boîtes noires ne se trouvent pas qu'au sud de la frontière Canada / États-Unis.

Ayant fait son doctorat sur l'optimisation globale, Charles Audet poursuit aussi des recherches dans ce domaine notamment en collaboration avec Gilles Savard et Pierre Hansen. « L'optimisation globale, observe Charles Audet, est le contraire de la boîte noire car on fait tout pour tout connaître dans la boîte et pour l'exploiter afin de résoudre le problème. En effet, je dirige actuellement des étudiants dans les deux domaines. L'enseignement est très important, autant au baccalauréat qu'au doctorat. J'arrive très vite à l'état de l'art dans ces domaines. »

Comme étudiant à la maîtrise et au doctorat, Charles avait un bureau au GERAD. Dès son retour en 2000 comme professeur, il a établi son quartier général au GERAD, notamment grâce « à l'excellent support technique, aux puissants ordinateurs et au réseau robuste qui ne plantent pas. De plus, j'amène mes étudiants au GERAD où ils ont un bureau et où ils peuvent s'entraider, ce qui est un élément très important dans la recherche. »

Par ailleurs, Charles Audet est en sabbatique jusqu'en septembre 2008, non pas dans une contrée lointaine, mais à Montréal, au GERAD, proche de ses étudiants... mais aussi proche de sa jeune famille de trois enfants, deux de 6 ans et un de 8 ans, qui sont, sans doute, source d'autant de questions « à la boîte noire » que l'industrie.



# Structures, finances, imagerie médicale : Dominique Orban y trouvera le **point commun**

Les mathématiques et l'optimisation mènent à tout. Voilà une observation incontournable qui ressort d'une rencontre avec **Dominique Orban**, membre du GERAD et professeur à l'École Polytechnique depuis 2003. Passant d'une application en finance à une autre en génie industriel, Dominique s'attarde brièvement sur une application particulièrement intéressante en biomédicale, la reconstruction d'images médicales par tomographie. En effet, une entreprise de Montréal voulant mettre au point une machine pour faire des mammographies non intrusives avait besoin de l'expertise poussée en optimisation non linéaire, axe principal des recherches de Dominique Orban.



Dominique Orban

« Bref, explique Dominique, on vous bombarde de rayons X et derrière vous des capteurs les enregistrent et démontrent une distribution selon le trajet des rayons

X dans votre corps. On observe l'ordre d'arrivée des rayons X et la façon dont ils ont été captés et on reconstruit une image. Contrairement aux autres méthodes de dépistage de cancer, celles-ci sont beaucoup plus précises, permettant ainsi d'éviter des diagnostics erronés. Il s'agit d'un problème inverse, où on regarde le résultat afin d'établir ce qui s'est passé dans votre corps. Ce genre de

problème est un grand consommateur de méthodes d'optimisation non linéaire. »

Première question : comment distinguer l'optimisation non linéaire de l'optimisation linéaire? Dominique Orban : « En non linéaire, toutes les données dépendent de variables et de paramètres imprévisibles. Par exemple, dans la conception de structures telles qu'un échafaudage ou un pont où il y a un ensemble de barres et de points, l'objectif consiste à la concevoir pour qu'elle puisse porter un certain poids, un certain effort, et qu'elle soit en même temps le moins cher à construire dans un sens à préciser, soit la plus légère, le moins de matériaux possibles, ou le moins de barres possibles. Contrairement à l'optimisation linéaire, il n'y a jamais de relation de proportionnalité en non linéaire lorsqu'on décale les paramètres d'une certaine quantité. On travaille sur des problèmes de grande taille qui peuvent avoir des millions de variables et qui nécessitent des machines puissantes. Je travaille sur l'algorithmique pour trouver des méthodes intelligentes et je les programme de sorte qu'elles soient utilisables en pratique, et pas seulement sur une application particulière, mais sur tout problème qui vérifie une liste de propriétés données. Ça peut être une série de problèmes d'économie, de conception de structures, de théorie de jeux. Il y a une certaine propriété mathématique commune lorsqu'on formule le problème comme un problème d'optimisation. »

Dominique Orban ajoute que l'optimisation non linéaire a fait un grand pas en avant grâce à une découverte de Narendra Karmarkar en 1985. Cette découverte,



réalisée dans le cadre d'un travail en optimisation linéaire, a eu pour effet d'unifier les deux domaines qu'on considérait jusque-là comme deux domaines étanches.

Né en Belgique, Dominique a fait des études en mathématiques appliquées avec spécialisation en optimisation non linéaire aux Facultés Universitaires Notre-Dame de la Paix, à Namur. Il a poursuivi ses études doctorales en co-tutelle de thèse entre les FUNDP, à Namur, et le laboratoire de recherche CERFACS, à

Toulouse, obtenant un doctorat des deux établissements en 2001. Sa thèse a porté sur les méthodes de points intérieurs.

Dominique Orban connaissait l'École Polytechnique ayant fait la rencontre de Charles Audet (voir l'article à la page 8) à Toulouse alors qu'il effectuait son doctorat au CERFACS. Charles Audet faisait alors des études post-doctorales à Houston et a passé une semaine au CERFACS pour donner une série de conférences sur les résultats de ses recherches. Lorsque Dominique terminait des études post-doctorales à Northwestern University dans l'Illinois, il a appris qu'un poste s'ouvrait à l'École Polytechnique. Il connaissait aussi l'École Polytechnique de réputation car Jacques Gauvin, ancien professeur

au Département de mathématiques et génie industriel aujourd'hui retraité, était très connu dans le domaine de l'optimisation non linéaire. Par ailleurs, alors que Dominique Orban poursuit son travail spécialisé en optimisation locale et Charles Audet en optimisation globale, ils collaborent aussi à un autre projet portant sur l'optimisation non différentiable. Pour les profanes, Dominique précise qu'en optimisation globale on cherche la meilleure solution absolue parmi toutes les solutions possibles, alors qu'en optimisation locale, vu la taille des problèmes, on utilise des modèles simplifiés pour progresser sur le vrai problème jusqu'à ce qu'on trouve une solution satisfaisante, mais pas nécessairement la meilleure.

## Un réel besoin de méthodes efficaces d'optimisation

L'optimisation non linéaire, quoique peu présente au GERAD et à Montréal, est appelée à prendre de l'expansion selon Dominique Orban. « Ces algorithmes peuvent être appliqués à n'importe quel domaine. On les trouve en génie, en finance, et dans d'autres domaines. Plus j'avance, et je l'ai appris en arrivant à Polytechnique et en observant les autres départements, plus j'aperçois l'ampleur du réel besoin de méthodes efficaces d'optimisation. La puissance numérique ajoutée au développement algorithmique permettent d'aborder des problèmes qu'on ne pouvait songer à résoudre auparavant, sauf de façon très rudimentaire. »

Pour Dominique Orban, l'enseignement représente un complément essentiel à ses travaux de recherche. Déjà comme étudiant, il savait qu'il se dirigeait vers une carrière en recherche, ayant eu une grande admiration pour ses professeurs. Et maintenant, il reconnaît que ses étudiants lui apprennent beaucoup. « Ce sont des ingénieurs pour la plupart, alors que je suis mathématicien. Les étudiants apportent des problèmes d'application très importants et intéressants. »

Depuis son arrivée à Montréal, Dominique a son principal pied-à-terre à son bureau du GERAD, où il a amené ses étudiants qui y ont également des bureaux. « Le GERAD vous donne accès à des tonnes de ressources, non seulement techniques mais aussi mathématiques. Pour résoudre des problèmes non linéaires de plus en plus compliqués, il faut être au courant de ce qui se fait dans les autres domaines d'optimisation. Les recoupements sont fréquents. De plus, par le truchement des concours et des bourses, je peux soutenir des stagiaires, qui sont d'une aide précieuse. C'est fou ce qu'on peut faire en deux mois quand on a bon stagiaire et un soutien financier. »





Pour une rare fois, les six directeurs du GERAD depuis sa fondation étaient réunis lors du cocktail tenu en l'honneur d'Anita Beauchamp le 1<sup>er</sup> mai dernier. Anita a travaillé au centre de recherche depuis 27 ans. Réunis autour d'elle, de g. à d., Alain Haurie, Pierre Hansen, Georges Zaccour, Roland Malhamé, François Soumis, Richard Loulou.

## Bulletin du GERAD

Édité 2 à 3 fois l'an par le GERAD.

Directeur  
**Georges Zaccour**  
[georges.zaccour@gerad.ca](mailto: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](mailto:rphilpot@sympatico.ca)

Traduction  
 Robin Philpot

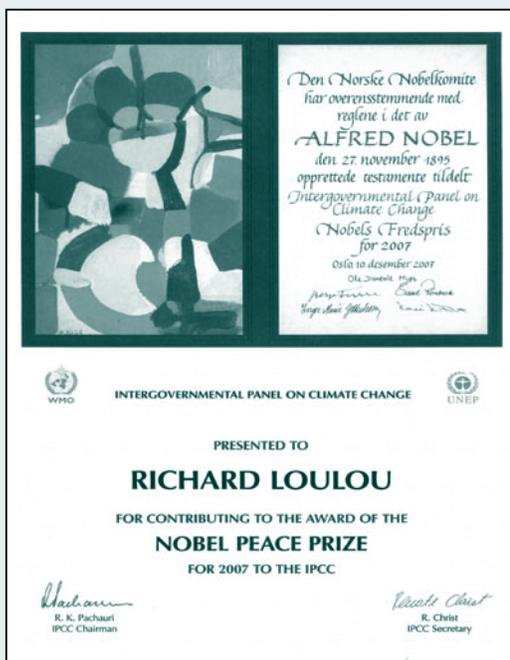
Conception graphique  
 HEC Montréal

Dépôt légal : 2<sup>e</sup> trimestre 2008  
 Bibliothèque nationale du Québec

Reproduction autorisée  
 avec mention de la source

## ... Richard Loulou (fin)

ainsi que pour leur contribution à la mise en place des mesures nécessaires au ralentissement de ces changements ». En tant que membre de l'IPCC, le professeur Richard Loulou, membre du GERAD et ancien directeur, a reçu la distinction de M. R.K. Pachauri, président.



# Newsletter

Groupe d'études et de recherche  
 en analyse des décisions

GERAD

# Whither **research?** And the **third generation** at GERAD at work

In this issue of the GERAD Newsletter, Jean-Claude Cosset, Director of Research at HEC Montréal, and Gilles Savard, Director of Research at École Polytechnique de Montréal, assess the state of research in their respective institutions and offer some ideas for the future. The Newsletter also met Charles Audet, Geneviève Gauthier, and Dominique Orban, three brilliant researchers from GERAD's third generation. All three studied mathematics and then branched off to very different areas of applications and problems.

We have both some good news and some bad news. The good news is that the Nobel Peace Prize was awarded to Al Gore and the Intergovernmental Panel for Climate Change (IPCC), to which GERAD member and former Director Richard Loulou belongs. We are very proud of the achievement of a fellow GERAD researcher.

As for the bad news, Anita Beauchamp has had the rather curious idea of retiring. To thank her, we held a cocktail in her honour and it allowed all the people who have headed GERAD since its inception in 1980 to be together (see page 12). Thank you very very much Anita for all you have done for GERAD. All the best in the new career that you are undertaking.

Enjoy reading the Newsletter.

Georges Zaccour

## GERAD honoured in Nobel Prize through Professor **Richard Loulou**

In 2007 the Nobel Peace Prize was awarded to Al Gore and the IPCC (Intergovernmental Panel for Climate Change) "for their efforts to build up and disseminate greater knowledge

Please see Richard Loulou page 12

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

### SUMMARY

|   |    |
|---|----|
| GERAD update .....  | 2  |
| Research at HEC Montréal is more important than ever, says Jean-Claude Cosset. ....     | 3  |
| We have no choice, innovation drives our economy! Gilles Savard .....                   | 3  |
| Financial engineering demystified by Geneviève Gauthier .....                           | 6  |
| Getting to the bottom of the black box: Charles Audet .....                             | 8  |
| Structures, finance, medical imaging: Dominique Orban will find the common thread ..... | 10 |



### MICHEL GAMACHE RECEIVES AND HONOURABLE MENTION

Michel Gamache, Associate Professor in the Department of Mathematics and Industrial Engineering at École Polytechnique and a GERAD member, received honourable mention for his teaching excellence from the Conseil académique.

### EL-KÉBIR BOUKAS PUBLISHES AT SPRINGER

The book by Professor El-Kébir Boukas entitled *Control of Singular Systems with Abrupt Changes* in the series *Communications and Control Engineering* was published by Springer in January 2008. El-Kébir Boukas is a GERAD member and Professor in the Mechanical Engineering Department at École Polytechnique de Montréal.

### SAIBAL RAY WINS THE DESAUTELS FACULTY SCHOLAR AWARD

Saibal Ray, Associate Professor at the Desautels Faculty of Management at McGill University and a GERAD member, received the *Desautels Faculty Scholar Award*. This award is given based on:

- A demonstrated track record of publication in top tier academic journals in keeping with stage in career and the individual's field of study;
- Other evidence of research output and impact such as research grants, books and other publications, other research awards, and citations counts;
- Record of supervision and placement of graduate students.

### GILBERT LAPORTE WINS THE INNIS-GÉRIN MEDAL

Gilbert Laporte, holder of the Canada Research Chair in Distribution Management and a GERAD member, received the 2007 Innis-Gérin Medal from the Royal Society of Canada (RSC) during a banquet held as part of the annual general meeting of the RSC on November 17 in Edmonton.

This medal is awarded to a person whose work represents a distinguished and sustained contribution to the social sciences.

### ANNE MERCIER RECEIVES THE BEST PHD THESIS AWARD FROM INFORMS

PhD student Anne Mercier, supervised by François Soumis of École Polytechnique and GERAD, received the 2007 Best Dissertation Prize from the Aviation Applications Section of INFORMS for her thesis entitled "Méthodes de décomposition pour la planification intégrée des itinéraires d'avions et des rotations d'équipages". This year nine dissertations from the United States and elsewhere in the world were competing in this high-level contest.

### CONVENTIONS IN 2008

The International Workshop on Column Generation 2008 will be held in Aussois, France, June 17-20, 2008.

MCQMC '08 – Eighth International Conference on Monte Carlo and Quasi-Monte Carlo Methods in Scientific Computing, July 6-11, 2008.

Second Montreal Industrial Problem Solving Workshop, August 18-22, 2008, at the André-Aisenstadt Pavillion at Université de Montréal.

### DEPARTURE

Anita Beauchamp, Administrative Officer, will be leaving GERAD as of August 1, 2008 for a well earned retirement after 27 years of service. A cocktail was held in her honour on May 1, 2008.

Thank you very much Anita!

# Research at HEC Montréal is more important than ever, says Jean-Claude Cosset

“It is our flagship, our crown jewel in research at HEC Montréal!” Those are the terms used to describe GERAD by Professor **Jean-Claude Cosset**, Director of the Research Office at HEC Montréal. “HEC Montréal is affiliated with several research centres but our participation is the highest in GERAD with twenty-one of our staff being members.”



Jean-Claude Cosset

For Jean-Claude Cosset, HEC’s participation in GERAD, which dates back to its founding by Alain Haurie, then a professor at HEC, and which has never ceased, is a key element in the growth and reaching out of HEC Montréal itself. “In earlier days at management schools, emphasis on research was limited, but things have changed with time. Twenty-five years ago, if a professor in a management faculty or school was also a researcher, he or she would often feel obliged to apologize. Today it is quite the opposite. It might even be said that people apologize if they are not doing any research.”

Please see **HEC** page 4

# We have no choice, innovation drives our economy! Gilles Savard

Is it still the best kept secret? That Montréal is a world class centre in operations research thanks to research centres like GERAD? That is less and less the case says **Gilles Savard**, Dean of Research and Innovation at École Polytechnique and a GERAD member. However, since operations research is sometimes difficult to conceptualize, as compared to discoveries in nanotechnologies, it still needs to be popularized. Quite ironically, the very day that the GERAD Newsletter was meeting Gilles Savard, the CEO of École Polytechnique Christophe Guy was addressing the Board of Trade of Metropolitan Montreal and telling participants that Montreal is a world leader in operations research, a priority area of development for the campus of the Université de Montréal and an area that should be made the most of.

For Polytechnique, explains Gilles Savard, operations research is part of one of the six priority research areas, which are necessarily tied into the vision of the government and of Polytechnique’s surrounding community. These priorities are information technologies, life sciences, advanced materials and nanotechnologies, energy and the environment, high tech manufacturing and aerospace, and systems engineering, which encompasses operations research. Gilles Savard adds that Polytechnique intends to maintain and develop this area of research, in which GERAD and CIRRELT (born from the merger of the CRT, CENTOR, and Polygistique) are the anchors. “In addition to being a strong area of research, it represents a unifying factor both for the Université de Montréal and its affiliated schools (HEC and Polytechnique) and for Montreal universities.”

What is the overall picture of scientific research? “I would say that academic research in Quebec is doing well these days after the reinvestment made in recent years,” replies Gilles Savard. “Polytechnique receives its fair share of government grants from programs

including Canada Research Chairs and the Canada Foundation of Innovation (CFI), funding for research has become diversified from both federal and provincial agencies, and this all contributes to a net increase in the funding available. In fact, the intensity of research per professor at Polytechnique is among the highest for universities in Canada.”

Gilles Savard paints a positive picture of research but adds one rider. “There is a shadow on the horizon in Quebec and that is the level of industrial research. Over the past few years, according to the Conseil de la science et de la technologie and Québec’s industrial research association ADRIQ, industrial research has in fact dropped.” Gilles Savard advances a number of possibilities to explain why this is happening. “As companies go



Gilles Savard

Please see **Polytechnique** page 5

At least two reasons explain this change according to Jean-Claude Cosset. First of all, research is important in the recruitment of new professors. The presence of researchers and world class research centres like GERAD is a major drawing card. A good professor wants to know that he or she will be in a stimulating environment where research is supported and where there is a critical mass of researchers that offer possibilities for future collaboration. “Without the researchers and the various research infrastructures including the centres, we would have difficulty recruiting certain topnotch professors. Moreover, over the past two or three years, I have observed that HEC is increasingly recruiting people with a research profile.”

The second reason for growth in research is that a management school like HEC Montréal is in competition with the major management schools in the world. The rankings are established by classifications published in leading business magazines such as *Business Week* and *The Financial Times*, and by certain management schools themselves including the University of Texas in Dallas. The quality of the research conducted in the management school is a key factor in the ranking and is based on the number of publications in major well identified journals such as *Management Science*, *Operations Research* and others. “A management school’s reputation, for instance, is built on finance, marketing, operations research, strategy, and information technologies. The ranking organizations ask us to list the articles published in the journals that focus on those fields,” points out Jean-Claude Cosset. “I would add journals specializing in economics even though they are not always included in the lists. The HEC professors who are members of GERAD have stood out because of their research and their publications, often in those target journals. That fact considerably enhances HEC’s reputation.”



### Commercialization, Technology Transfer, Executive Training

Another indication that HEC Montréal attaches importance to research today is the decision to create the new department responsible for Commercialization, Technology Transfer, and Executive Training. In March 2007 HEC’s new director Michel Patry created this department with an aim to keep abreast of the needs and trends of the business world. The mandate of the new department includes prompting and developing collaborative research projects with companies and accompanying professors in the commercialization process, which can be very time consuming. This can involve all the steps from the declaration of an invention, through protection of intellectual property, case development with HEC’s commercialization firm Univalor, obtaining operating licences, creation of spin-off companies, up to commercialization. The new department also reinforces ties with industry and, by the same token, provides channels for private research funding. It is often pointed out that the most innovative companies develop ties with university research centres four times more than do average companies.

Funding remains the main issue in research. The GERAD newsletter of December 2004 focusing on scientific research in Québec detected some anxiety on this question. Jean-Claude Cosset points out however that in recent years public funding of research has increased significantly. The funding agencies both in Québec and at the federal level have provided considerable strategic support.

“For example, HEC Montréal has six Canada Research Chairs, which is the largest number among management schools in Canada.”

Earning a name in research is never an easy task. How does HEC Montréal support young researchers as they start up? Jean-Claude Cosset replies: “As soon as they arrive we organize workshops on the requirements of granting organizations and the basics on how they operate. We help them to submit their projects to these agencies. We also support them in submitting articles for publication, which is particularly expensive for finance journals. What’s more, we advise them to join research centres that offer an excellent infrastructure.”

Jean-Claude Cosset is also strongly in favour of providing common offices and meeting rooms for researchers and research centres. Although “virtual” groupings of researchers is possible now with Internet, they cannot replace the direct human contact that occurs during organized seminars or at chance meetings. In Jean-Claude’s opinion, such physical infrastructures make amazing synergy possible which might otherwise have never occurred. They are assets that HEC Montréal is proud to support.

Another important aspect of research at HEC Montréal is multidisciplinary work. “We have set up strategic research groups that are necessarily multidisciplinary. These groups hold strategic workshops and, at the end of the day, it is now up to the researcher to show that the project is multidisciplinary. On this point, GERAD plays an important role since it is multidisciplinary by definition.”

international, they sometimes decide to concentrate research in emerging countries; the strong Canadian dollar also obliges companies to reduce costs; manufacturing is in difficult straits, and large companies are tending to outsource research towards universities. Whereas Québec hoped to devote two percent of its GDP to research and development by 2010, it has become obvious that this target will not be attained.”

### The ups and downs of outsourcing

Despite the overall drop in research spending, outsourcing of research by large corporations definitely has an upside for university research. For instance, notes Gilles Savard, Pratt & Whitney now outsources from thirty to forty percent of its research budget towards universities and research centres. This represents a huge increase. This trend is boosted with the development of consortiums such

as CRIAQ (Consortium for Research and Innovation in Aerospace in Quebec) that act as facilitators or gateways between industry and the universities. In Gilles Savard’s eyes, CRIAQ is a model in Canada. It always aims to establish a critical mass by insisting that all research projects involve at least two companies and two universities. Gilles Savard reiterates that Polytechnique has always had a special relationship with industry, with nearly forty percent of its research being funded by industry.

When large companies outsource scientific research to universities, they also hire people that Gilles Savard describes as super technology integrators. Instead of having research laboratories, industry will rely on specialists with PhDs and post-doctoral studies who are familiar with what is being done both in academic research and in the market. By the same token, universities have to adjust to the fact that less than one quarter of PhD students will be university professors when they have obtained their degrees. Industry will draw the technology integrators from this group.

While research funding has reached encouraging levels, the same cannot be said for overall funding of universities, points out Gilles Savard. This inevitably impacts research. He observes: “Per-student funding in engineering is thirty percent less than for similar students in Ontario. This affects research inasmuch as it means under financing of indirect costs. École Polytechnique provides massive research infrastructures which are often large and very expensive and shared by researchers from all our universities. These infrastructures are a major asset in recruitment and training. However, they must be heated and maintained. If research were to be funded at its real value, the indirect costs would have to be adjusted, whereas they are currently part of the overall budget.”

Through his own experience, Gilles Savard is particularly sensitive about commercializing discoveries made by researchers. When the GERAD Newsletter met him the first time in June 2004, he predicted that by 2005 a company by the name of ExPretio would be marketing pricing software developed from a mathematical model that he and his colleagues had developed. Today, ExPretio, a firm he co-founded, is a high tech company based in Montreal employing some ten highly qualified people. Among its customer base ExPretio has some Canadian companies, but it deals more with European firms. “Generally speaking,” notes Gilles Savard, “European customers are more daring and more open to high technology than in Canada, which is not necessarily known to be an innovative society. Perhaps we relied on raw materials and failsafe manufacturing for too long. Fortunately, things are moving now with strategies adopted by the federal and provincial governments. We have no choice. Innovation drives our economy. Either we innovate, or others who are more efficient will leave us in their wake.” Gilles Savard remarks that in this area both GERAD and CIRRELT (CRT) are role models.



# Financial engineering demystified by Geneviève Gauthier

If **Geneviève Gauthier** had said that she was responsible for the financial engineering option in HEC Montreal master's program when the management school was founded in 1907, or even 50 years later, people might have thought that she was somewhat confused. After all HEC taught finance while École Polytechnique was in charge of engineering, and never the twain were to meet.



Geneviève Gauthier

Times have changed however. Multidisciplinary has generated new disciplines such as financial engineering, which is now a mainstay for banks and finance companies. It is also increasingly

important for non financial firms.

Geneviève Gauthier is a member of GERAD and is responsible for the Financial Engineering option in the M.Sc. program at HEC Montréal where she is Associate Professor in the Department of Management Sciences.

After completing a master's degree in statistics at the Université du Québec à Montréal, Geneviève Gauthier did a doctorate in mathematics at Carleton University in Ottawa in 1996. Her thesis was on probability and more specifically on stochastic calculus. In September 1996 she joined the Department of Management Sciences at HEC Montréal. "Since I was not in a university mathematics department but rather in a management school," she recalls, "I chose to adapt my career to my new



surroundings and redirect my research and teaching towards finance. Moreover, at that time, HEC was developing its financial engineering option, and it introduced a master's degree in financial engineering in 1997."

Since her background was in mathematics, Geneviève Gauthier points out that she developed her understanding of financial engineering together with her colleagues at HEC Montréal including Jean-Guy Simonato and Jin-Chuan Duan who had specialized in finance. "The problems come from finance, but they are extremely complex and require a high level of knowledge and skills in mathematics. This complementarity is absolutely necessary in research."

When asked to define financial engineering in a single sentence, Geneviève smiled and provided a few simple and clear sentences that could be summarized as follows. Financial engineering is a multidisciplinary field involving financial theory, engineering methods, mathematical tools, and computer programming. The goal is to apply our mathematical knowledge so as to respond to financial issues that include portfolio management, risk management, pricing of derivative instruments, and so forth.

"It is a particularly complicated area of study due to the fact that it requires skills in many different fields," notes Geneviève. "For instance, management of large

institutional portfolios requires constant evaluation and updating of a huge number of positions held in securities and derivatives. That in turn requires pricing models and efficient digital methods that make computation possible within reasonable time frames. It is thus a source of some very interesting algorithmic problems.”

### **Converging technology and finance**

As with other areas of research at GERAD, financial engineering was born and has expanded in the wake of two phenomena. These are the rapid growth in computational capacity and, in this particular case, the ever increasing complexity of the problems that arise in financial markets. “Articles on derivative instruments, which are a kind of insurance contract for stock markets, became increasingly numerous in the mid 1970s,” observes Geneviève. “These derivatives, which are widely talked about nowadays, raised new problems that people tried to solve with analytical methods or with simple straightforward models. Computers were too slow then. In fact, the financial engineering we know today could not exist without the contribution made by advanced computation and information technologies. Our current models that are so much more complex have been made possible by the computational capacity that we now enjoy.”

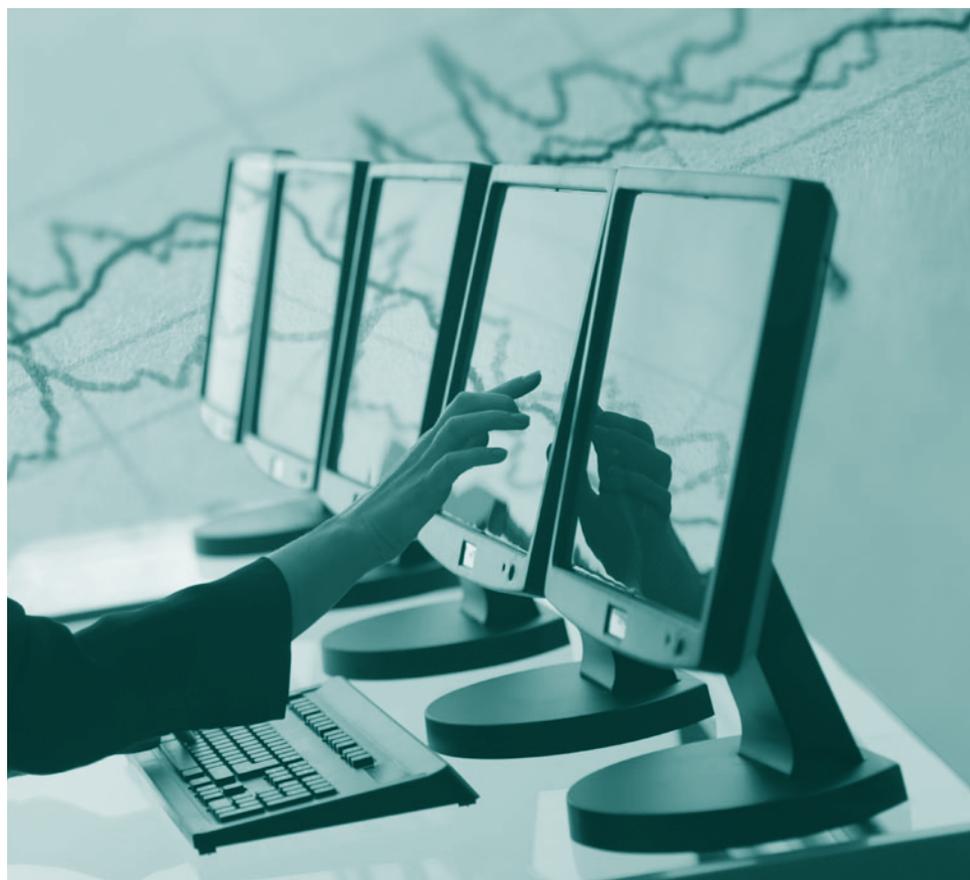
Financial engineering growth has been phenomenal and it is continuing to mushroom, remarks Geneviève Gauthier. For instance, regulators now require banks to have their models verified by recognized external consultants. Moreover, financial and non financial companies are now turning to financial engineering specialists as well. Bearing witness is the fact that Geneviève receives more and more calls from firms wishing to recruit new graduates for financial engineering positions in risk management. She is well placed to respond to these requests since she has already supervised, alone or with others, some forty master’s and PhD theses in the field. What’s more, the M. Sc. graduates

from HEC in financial engineering who are now working in industry represent a strategic link between HEC Montréal and the various firms and are a source of data that is always a fundamental part of scientific research. “They turn to us with some great problems to solve, very real problems for companies, and these problems become excellent master’s thesis material. In addition, the companies provide students with research scholarships and supply data bases that otherwise would cost too much for us to buy.”

Geneviève Gauthier is active as a teacher, administrator, and researcher. She also has specific publishing goals, but she still finds time to do consulting work for companies, which for her is a way to market her research and to see it put into practice.

After being recruited by HEC Montréal, Geneviève joined GERAD right away and she has nothing but compliments for the

research centre. “GERAD provides an essential and exceptional support. Over and above the technology, it manages research grants and technical teams with tremendous skill. It also makes it possible for us to organize research activities that would be impossible to hold otherwise. It seems that you just have to mention something, and before you know it, it is done!”



# Getting to the bottom of the **black box**: Charles Audet

A “black box” inevitably suggests an impenetrable mystery or enigma. The mystery thickens at the thought that the black box must be optimized. Is it possible to optimize something that you know nothing about and cannot see or even model? This is a problem or type of problem that **Charles Audet**, a GERAD member and professor at École Polytechnique, is endeavouring to solve. This black box has led him to study a wide variety of subjects including airplanes – not the flight recorder, known as the black box, but the airplane wing –, protection against tsunamis, oil wells, finance, and much more.



Charles Audet

Before taking on these mysteries, Charles Audet did a degree in mathematics at the University of Ottawa, and a master’s and doctorate at Montreal’s École Polytechnique with concentration on global optimization

under the supervision of Brigitte Jaumard and Gilles Savard, both of whom are GERAD members. Charles thus got to know GERAD when he arrived at Polytechnique in 1992. Moreover, he joined it in 2001, shortly after being recruited by the Mathematics and Industrial Engineering Department at École Polytechnique. From 1998 to 2000 Charles did post-doc studies at Rice University in Houston under the supervision of John Dennis, a world leader in the field. “It was the best move I made in my career,” says Charles Audet. “The reason is that I worked in a field that was different from what was being done at

GERAD. As a result I came back with new knowledge acquired in Houston.” This new knowledge, of course, included black box optimization.

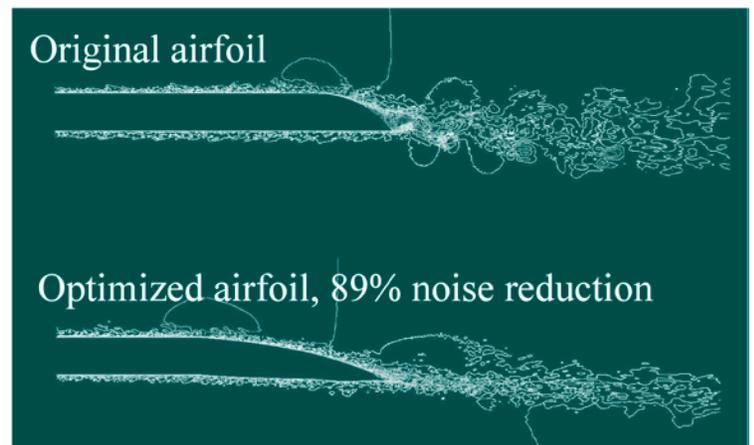
Where does the name “black box” come from? “We decided to call it that,” notes Charles Audet, “mainly because we do not know what is in the box. Black-box type problems typically come from industry where secrecy is paramount. Private industry wants to optimize certain functions without revealing any details to people outside.” The first example that Charles provides comes from the aircraft manufacturer Boeing.

The aim is to find the optimal design of the wing so as to minimize turbulence and thereby obtain savings at several levels. Traditional optimizing methods would involve much legwork between the group responsible for designing the wing structure and the group responsible for calculating turbulence.

“The airflow around the wing has an impact on the shape of the wing, whereas the resultant wing deformation has an impact on air flow, and vice versa. Each calculation is extremely time consuming. All of this together is the black box. I am not an airplane wing specialist. In fact, I know nothing about wings, wing structures or turbulence. However, if they provide a black box, I can find wing shape parameters that will result in reduced turbulence. The industry keeps all its information about the black box. I provide a wing shape that produces a given turbulence,

then I provide another shape that produces a different turbulence. My optimizer or algorithm proposes wing shapes that are verified by the black box. This process, which is not heuristic, consists in proposing, analysing, proposing, analysing, until the optimal shape is found.”

In addition to Boeing, the black box methods developed by Charles and his colleagues are used by Exxon Mobil, General Motors, the United States Armed Forces and others. Moreover, Charles points out that the algorithm is likely being used for others purposes by these same com-



panies or agencies. This does not surprise him since he has noticed in his relations with industry that each time it appears a problem has been solved, industry representatives come up with a variation of the same problem or a totally new one. The result is that researchers have more challenges to meet.

## **A tsunami in a black box?**

“Ever since the devastating tsunami on December 26, 2004 much effort has been deployed on protection against such events. Since no one can stop tsunamis the solution is to optimize detection and warning times using sensors. The Pacific

Marine Environmental Laboratory, which is part of a Department of Commerce agency, wants to place sensors on the bottom of the Pacific Ocean that are linked to floating buoys. These buoys cost at least a quarter of a million dollars each. The Pacific is huge and its bottom is rugged and uneven. If the expensive buoys are not in optimal locations, the cost of the buoys will be astronomical. Since the optimization problem was mind-boggling for them, they called on John Dennis for advice. John brought me in shortly thereafter. In this case the input is the position of the buoys, the output is the tsunami warning time, and the black box is the ocean floor that we are unfamiliar with but that the lab specialists know. We showed them how to use our software program and after the various other technical problems were solved, six buoys were placed near Alaska.”

Charles Audet is a scientific consultant mainly with firms and agencies in the United States, the reason being that his network of contacts is better there than at

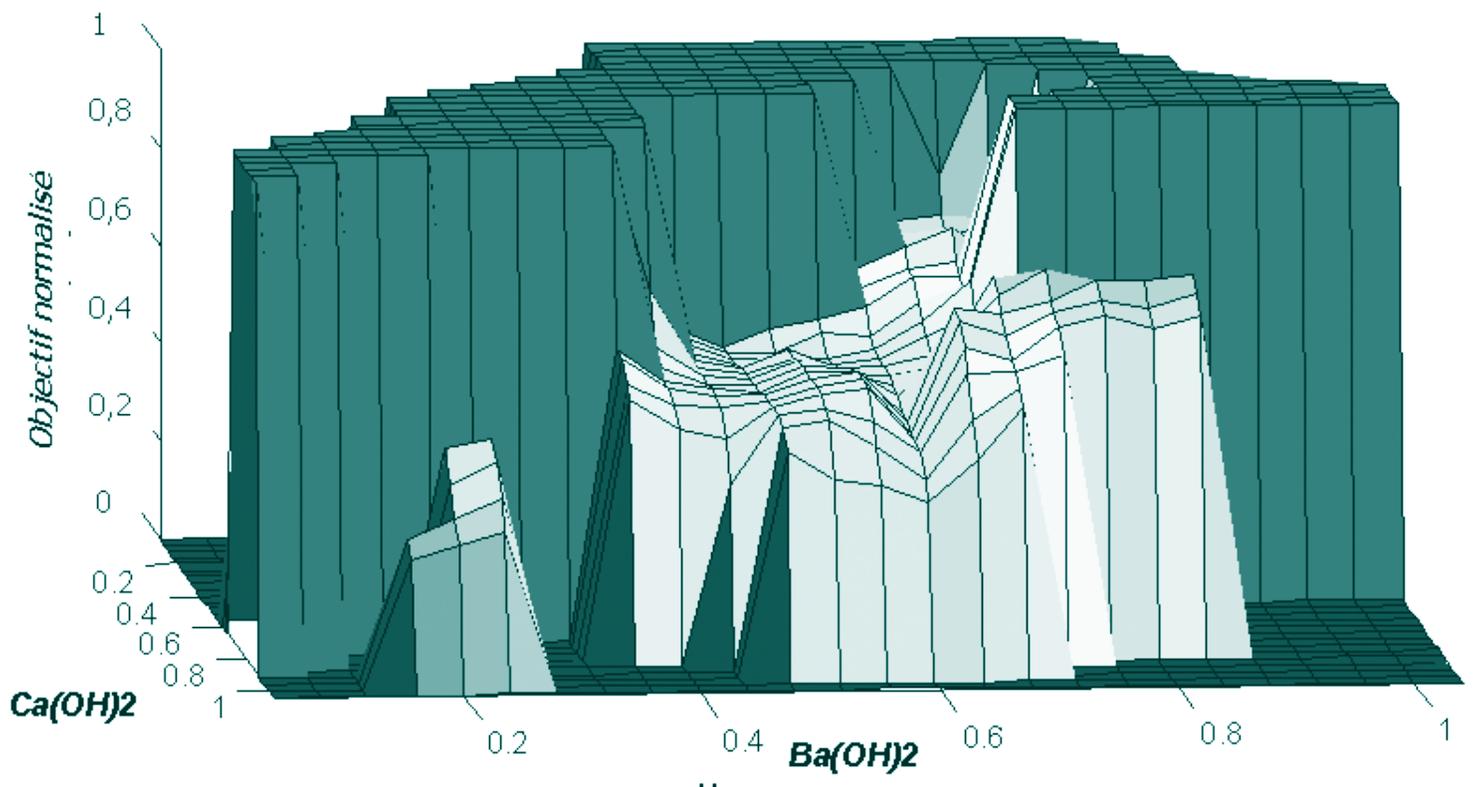
home in Quebec. So the word is now out for industry here. Black boxes are not only found south of the Canada-United States border!

Having completed his PhD in global optimization, Charles Audet is continuing research work in this area together with Gilles Savard and Pierre Hansen. “Global optimization,” he points out, “is the opposite of black-box optimization in that we do everything possible to know everything about what is in the box so that we can use it to solve the problem. I am currently supervising students in both fields. Teaching is very important, both at the undergraduate and PhD levels. It does not take long for us to reach the state of the art in both fields.”

As a master’s and PhD student, Charles had an office at GERAD. Soon after returning as a professor in 2000, he set up his headquarters at GERAD for reasons such as “its excellent technical support, the powerful computer systems, and robust network that does not fail. What’s more, I

bring my students to GERAD where they can have an office and are able to help each other. After all, cooperation is crucial to success in research.”

Charles Audet is on a sabbatical until September 2008. He is not off in some exotic country, but rather in Montreal, at GERAD, near his students. But he is also near his young family of three children, an eight year old and twins of six, who are undoubtedly teeming with as many black box type questions as industry.



# Structures, finance, medical imaging: Dominique Orban will find the **common thread**

Mathematics and optimization lead to everything! One cannot avoid coming to that conclusion after meeting **Dominique Orban**, who has been a GERAD member and professor at École Polytechnique since 2003. While reviewing various applications from finance to industrial engineering, Dominique stops briefly to explain a particularly interesting biomedical application, the reconstruction of medical images using tomography. A Montreal firm wishing to develop non intrusive mammography equipment needed advanced knowledge in non linear optimization, which is the main focus of Dominique Orban's research work.



Dominique Orban

“In a nutshell,” explains Dominique, “you are bombarded by X-rays and sensors behind you register them and provide a distribution that is determined by the trajectory of the x-rays in your body. We observe the order of arrival and the way they were registered and we reconstruct an image. Unlike other cancer detection methods, these techniques are much more accurate and help avoid errors in diagnosis. This is an inverse problem in which we study the result so as to establish what happened in your body. Such application areas are large

consumers of non linear optimization methods.”

For laypeople the first question is: What is the difference between non linear and linear optimization? Dominique Orban answers: “In non linear optimization, all the data depends on unpredictable variables and parameters. For example, in design of structures such as scaffolding or a bridge in which there are a set of bars and points, the goal is to design it to bear a given weight and a given effort, but at the same time at a minimum cost from a given standpoint, either its weight, the amount of material necessary or the total number of bars. Unlike linear optimization, there is never any proportionality ratio in non linear optimization that would result from adjusting the parameters by a given amount. We work on problems of enormous size that can have millions of variables and that require powerful machines to solve. I work on the algorithmic side to find intelligent methods, and I program them so that they can be used in practice, not only on a specific application, but on any problems that verify a set of given properties. These can include problems in economics, structural design, or game theory. There is a certain common mathematical property when the problem is formulated as an optimization problem.”

Dominique Orban adds that non linear optimization took a great leap forward following a discovery made by Narendra Karmarkar in 1985. That discovery made in the framework of research in linear optimization effectively united the two



fields that had previously been considered as two mutually exclusive areas of study.

Dominique Orban was born in Belgium and studied applied mathematics with concentration on non linear optimization at the University of Namur (FUNDP, Facultés Universitaires Notre-Dame de la Paix). He went on to do doctoral studies under the combined supervision of the FUNDP and the CERFACS research laboratory in Toulouse, and he obtained a PhD from both. His thesis was on interior point methods.

Dominique was familiar with École Polytechnique because he had met Charles Audet (see article on page 8) in Toulouse while working on his PhD at CERFACS. At the time Charles Audet was doing a post-doc in Houston and spent a week at CERFACS to give a series of talks on the results of his research. When Dominique was completing his post-doctoral studies at Northwestern University in Illinois, he learned that there was an opening at École Polytechnique. He was also familiar with Polytechnique's reputation since Jacques Gauvin, a professor in the Mathematics and Industrial Engineering Department now retired, was well known in the field of non linear optimization. Moreover, whereas Dominique is pursuing his work focused on local optimization and

Chales Audet on global optimization, they are collaborating on another project in non differentiable optimization. For the benefit of laypeople, Dominique explains that in global optimization, researchers try to find the absolute best solution among all possible solutions, while in local optimization, considering the size of the problems, simplified models are used to progress on the real problem until a satisfactory solution is found. Satisfactory does not necessarily mean the absolute best.

### **A real need for efficient optimization methods**

Although non linear optimization is limited at GERAD and in Montreal, Dominique Orban is convinced that it is called upon to expand. "These algorithms

can be applied to any field. They are used in engineering, finance, and elsewhere. The more I advance in my career, and I learned it at Polytechnique and while observing other departments, the more I observe the scale of real needs for efficient and effective optimization methods. Current computational power combined with algorithmic development allows us to take on problems that we would never have dreamed of trying to solve before, other than with very rudimentary methods."

For Dominique Orban, teaching is an essential complement to research. As a student, he knew that he was headed for a career in research, having a great admiration for his professors. He now recognizes that he learns much from his students. "They are mostly engineers and I am a mathematician. My students bring to my attention some very large and interesting problems to solve."

Since arriving in Montreal, Dominique has made GERAD his main base. He has brought his students with him and they also have offices. "GERAD provides access to tons of resources, obviously computational but also mathematical resources. To solve non linear problems that are increasingly complicated, one must be familiar with new developments in other areas of optimization. Overlapping is very common. What's more, with the help of grants and scholarships, I can support interns who provide very valuable support. It is unbelievable what you can accomplish in two months with a good intern and financial support."





It was a rare moment: the six people who have headed GERAD since it was founded were united for the cocktail held in honour of Anita Beauchamp on May 1. Anita who is retiring has worked for GERAD for 27 years; from left to right around Anita, Alain Haurie, Pierre Hansen, Georges Zaccour, Roland Malhamé, François Soumis, and Richard Loulou.

### GERAD Newsletter

Published 2 to 3 times a year by GERAD.

Director  
**Georges Zaccour**  
[georges.zaccour@gerad.ca](mailto: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)

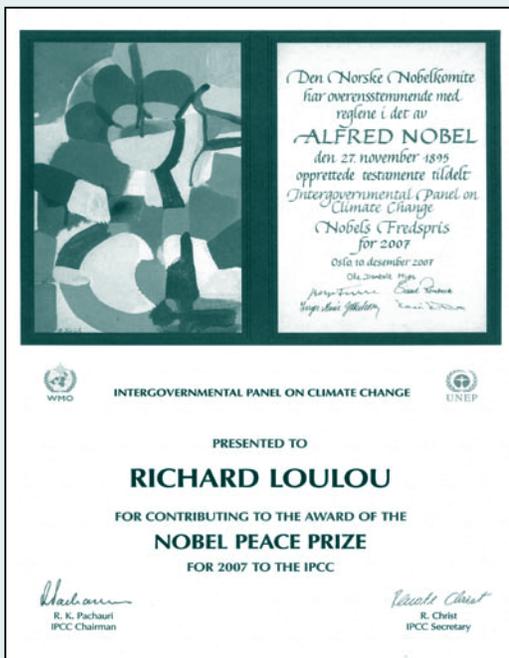
Editor  
**Robin Philpot**  
[rphilpot@sympatico.ca](mailto:rphilpot@sympatico.ca)

Translation  
 Robin Philpot

Graphic Design  
 HEC Montréal

Legal deposit: 2nd quarter 2008  
 Bibliothèque nationale du Québec

Reproduction authorized with  
 acknowledgement of source.



### ... Richard Loulou (from page 1)

about man-made climate change, and to lay the foundations for the measures that are needed to counteract such change". As a member of the IPCC, Professor Richard Loulou, a GERAD member and former director, received the distinction from IPCC President M.R.K. Pachauri.