

Bulletin

Groupe d'études et de recherche
 en analyse des décisions

GERAD

Volume 4 • Numéro 2
 Novembre 2007

Les mathématiques dans l'action : des diplômés du GERAD nous en parlent

Une mission fondamentale d'un centre de recherche consiste à former, selon la terminologie des organismes subventionnaires, une main-d'œuvre hautement qualifiée. Comment nos diplômés appliquent et développent les connaissances acquises au GERAD lorsqu'ils se joignent à l'entreprise privée ou publique? Question hautement pertinente dans le cas d'un centre de recherche comme le GERAD où on traite de questions très variées mais ayant un dénominateur commun : la prise de décision.

Nous avons donc décidé de donner la parole à des diplômés ayant passé par le GERAD à diverses périodes. Il est réconfortant d'avoir de leurs nouvelles et de s'apercevoir que les mathématiques de la décision font leur marque, étant d'une grande utilité dans le feu de l'action dans beaucoup de sphères d'activité. Merci à nos neuf diplômés qui figurent dans cette édition du Bulletin.

Bonne lecture!
 Georges Zaccour

Un monde à découvrir

Ils sont tous passés par le GERAD, mais ils travaillent dans des secteurs très variés allant de la gestion d'un parc de production d'électricité à la gestion de portefeuilles financiers de très grande envergure en passant par le marketing, la tarification et le transport aérien et le transport en commun. Le fil conducteur, le point de jonction, pour ces neuf anciens du GERAD, ce sont les mathématiques et leur rôle primordial dans la prise de décision. À en entendre parler, on se demande même comment les entreprises pour lesquelles ils travaillent ont pu s'organiser sans l'apport des mathématiques de haut niveau.

Ils s'appellent Claude Berger, Guillaume Dereu, Éric Gélinas, Ramla Jarrar, Alejandro Karam, Tarek Masmoudi, Jérôme-Olivier Ouellet, Jean-François Pagé et Daniel Villeneuve.

Suite à la page 3

bulletin@gerad.ca

SOMMAIRE

Nouvelles brèves	2
Daniel Villeneuve	3
Jean-François Pagé	4
Jérôme-Olivier Ouellet	5
Éric Gélinas	6
Tarek Masmoudi	7
Alejandro Karam	8
Ramla Jarrar	9
Guillaume Dereu	10
Claude Berger	11



PRIX FREDERICK W. LANCHESTER DE INFORMS

Vašek Chvátal, professeur titulaire au Département de science informatique et d'ingénierie du logiciel à l'Université Concordia et titulaire de la Chaire de recherche du Canada en optimisation combinatoire, a mérité ce prix pour son ouvrage : *The Traveling Salesman Problem: A Computational Study*, Princeton University Press, 2006, écrit en collaboration avec David L. Applegate, Robert E. Bixby et William J. Cook.

PRIX PIERRE-LAURIN

Bruno Rémillard, professeur titulaire du Service de l'enseignement des méthodes quantitatives de gestion, a mérité le prix Pierre-Laurin (ex æquo avec le professeur Bernard Sinclair-Desgagné), qui récompense la production de recherche effectuée au cours des trois dernières années d'un professeur titulaire ou invité au rang de titulaire ou d'un chercheur titulaire à HEC Montréal.

PRIX ROGER-CHARBONNEAU

Gilbert Laporte, professeur titulaire du Service de l'enseignement des méthodes quantitatives de gestion et titulaire de la Chaire de recherche du Canada en distribution, a mérité le prix Roger-Charbonneau qui souligne la qualité d'un ouvrage pédagogique publié au cours de l'année et rédigé en français ou dans une autre langue par un ou des professeurs, chercheurs, chargés de formation ou attachés d'enseignement à HEC Montréal. Le manuel intitulé *Transportation* a été rédigé en collaboration avec Cynthia Barnhart du Massachusetts Institute of Technology (MIT), États-Unis.

LA WINTER SIMULATION CONFERENCE (WSC) CÉLÈBRE SON 40E ANNIVERSAIRE

Un article de **Pierre L'Écuyer**, professeur titulaire à l'Université de Montréal au département d'informatique et de recherche opérationnelle et membre du GERAD, a été choisi parmi quelques milliers d'autres pour célébrer le 40^e anniversaire du Winter Simulation Conference (WSC), tenue le 12 octobre 2007. L'article de Pierre L'Écuyer s'intitule : *Efficient and portable 32-Bit random variate generators*, publié dans *Proceedings of the 1986 Winter Simulation Conference*, J. Wilson, J. Henriksen, S. Roberts (eds.), 275-277, 1986.

Le 21 septembre 2007, **Pierre Hansen** a été reconduit comme représentant des séminaires du GERAD et **Michèle Breton** a été élue représentante des membres au Bureau de direction du GERAD pour les trois prochaines années.

Gilles Savard a été nommé le 15 août 2007 directeur de la recherche et de l'innovation à l'École Polytechnique de Montréal pour un mandat de quatre ans.

Guy Desaulniers a été nommé professeur titulaire au Département de mathématiques et de génie industriel à l'École Polytechnique de Montréal en juillet 2007.

Olivier Bahn a été nommé professeur agrégé au Service de l'enseignement des méthodes quantitatives de gestion à HEC Montréal en juillet 2007.

Gilles Caporossi, membre du GERAD et professeur adjoint au Service de l'enseignement des méthodes quantitatives de gestion à HEC Montréal, a obtenu le prix Promising Young Scientist Award lors de la 3^e rencontre de l'International Academy of Mathematical Chemistry, à Dubrovnik, du 7 au 9 juin 2007.

Soheil Saberi, étudiant de maîtrise, codirigé par Roland Malhamé (GERAD) et Lorne Mason (McGill), a reçu, en juin 2007, le prix du meilleur article à l'International Conference on Network Control and Optimization, Avignon, France pour l'article *Pricing for QoS Provisioning across Multiple Internet Service Provider Domains*, par S. Saberi, R. Malhamé et Lorne Mason.

CONGRÈS EN 2007

- Un atelier sur la théorie des jeux en énergie, en ressources et en environnement les 25 et 26 octobre 2007.
- Le premier atelier de résolution de problèmes industriels de Montréal du 20 au 24 août 2007.
- L'atelier sur la programmation en nombres entiers mixte MIP du 30 juillet au 2 août 2007.
- Un mini-cours sur les modèles GARCH et à volatilité stochastique du 12 au 14 mars 2007.

CONGRÈS PRÉVUS EN 2008

- Atelier thématique du GERAD sur la décision multicritère au printemps 2008.
- Atelier sur les jeux dynamiques en sciences de la gestion les 2 et 3 mai 2008.

<http://www.gerad.ca/colloques/Workshop-DGTA/index-fr.htm>

- École d'été du GERAD en exploitation de données en mai 2008.
- Atelier thématique du GERAD en télécommunications à l'été 2008.
- MCQMC'08, Huitième Conférence Internationale sur les Méthodes Monte Carlo et Quasi-Monte Carlo en calcul scientifique, du 6 au 11 juillet 2008.

<http://www.crm.umontreal.ca/mcqm08/index.shtml>

- Atelier : Génération de colonnes 2008, en France, du 17 au 20 juin.

Nouveaux membres

Membre régulier

Balas Srinivasan, École Polytechnique de Montréal

Membres associés

Guiomar Martín-Herrán, Universidad de Valladolid, Espagne
Javier De Frutos, Universidad de Valladolid, Espagne

Optimisation dans le transport aérien : des **investissements** substantiels et des **gains** substantiels

« L'histoire du Gencol se lit comme une aventure d'inventeurs passionnés et d'entrepreneurs audacieux ! » C'est en ces termes que le premier numéro du Bulletin du GERAD a décrit le groupe Gencol, ou **génération de colonnes**. **Daniel Villeneuve**, qui a été affilié au GERAD de 1989 à 2003, fait partie de cette aventure. Qui plus est, il a vu les deux côtés de l'équation : celui des inventeurs et celui des entrepreneurs.

Aujourd'hui architecte en logiciel, Recherche Opérationnelle, à la division AD OPT de Kronos, Daniel Villeneuve avait contribué, à titre d'étudiant boursier et stagiaire de l'équipe de François Soumis et de Jacques Desrosiers, à la recherche fondamentale qui a abouti à la création d'AD OPT Technologies. En effet, il a fait une maîtrise, un doctorat et des études post-doctorales à l'École Polytechnique et au GERAD sous la direction de François Soumis et de Jacques Desrosiers, publiant avec ses collègues de nombreux articles notamment sur des problèmes liés à la génération de colonnes.

En 2003, Daniel Villeneuve a commencé à travailler à plein temps pour AD OPT, entreprise essaimée par le groupe Gencol du GERAD, spécialisée dans l'ordonnement dans le transport aérien. Kronos, une entreprise de gestion des ressources humaines, a acheté AD OPT en 2004.

« Notre but, c'est d'optimiser la planification d'horaires des grands transporteurs aériens. Nos produits couvrent un large spectre des activités de fabrication et de gestion d'horaires, allant de la fabrication d'horaires anonymes à la réparation d'ho-

raires personnalisés. Nous élaborons des modèles mathématiques qu'on adapte lors de leur mise en œuvre informatique pour tenir compte des contraintes de l'industrie et des comportements humains réels. Le niveau de détail des données et leur précision sont essentiels pour nous. »

Avec cette longue expérience au GERAD, on n'est pas surpris d'apprendre que Daniel Villeneuve garde un lien très étroit avec l'équipe du GERAD. « On se tourne souvent vers le GERAD pour la résolution de problèmes et on passe des contrats de recherche » ajoute-t-il. En cela, il rejoint Jacques Desrosiers qui a signalé qu'AD OPT représentait une source de financement pour le GERAD mais aussi une source « de très beaux problèmes de recherche ».

Alors que la mise en marché de logiciels d'AD OPT remonte à plus de dix ans et que les grands transporteurs aériens s'en servent depuis plusieurs années, Daniel Villeneuve observe que certains clients résolvent encore leurs problèmes de fabrication d'horaires à la main. Dans ces cas, il faut modéliser l'automatisation du processus de décision en plus des problèmes d'optimisation.

Daniel Villeneuve est convaincu du grand potentiel d'expansion de l'utilisation de modèles mathématiques perfectionnés dans l'industrie. Mais il précise : « Le coût des logiciels de ce genre est très élevé, notamment en raison de la main-d'œuvre, qui possède une formation de haut niveau. En transport aérien, les coûts de personnel et la satisfaction des membres d'équipages, dans un contexte où la rétention de personnel est une préoccupation, sont suffisamment importants pour justifier l'investissement. »

... Un monde à découvrir (suite)

Mais il y en a aussi d'autres qui, comme ces neuf personnes présentées dans le présent bulletin, mettent à contribution les connaissances en mathématiques acquises dans leurs études supérieures dirigées par des membres du GERAD, pour éclairer la prise de décisions. Tous conviennent que la porte des mathématiques de la décision n'est qu'entrebâillée et qu'une fois grand ouverte, elle donnera sur de grands horizons.

Tous les concepts présentés dans les numéros précédents du Bulletin du GERAD y trouvent de nombreuses applications. On utilise tour à tour des applications inspirées de la génération de colonnes, de la coloration de graphes avec l'approche TABU, de la théorie des jeux dynamiques, des contrôles stochastiques, de l'optimisation « pure et dure », de l'exploitation des données (*data mining*), de la programmation mathématique à deux niveaux, de la classification automatique, et ainsi de suite. Et le chevauchement est chose courante.

Grâce aux entrevues accordées au Bulletin du GERAD, nous nous apercevons aussi que, de part et d'autre, tous ont intérêt à voir se renforcer les liens entre l'industrie et le milieu de la recherche. D'une part, ceux et celles qui font de la recherche appliquée en industrie n'ont tout simplement pas le temps de résoudre certains problèmes nouveaux et de mettre au point des outils innovateurs. Le court terme tend à l'emporter. D'autre part, l'obligation en industrie de connaître les vrais comportements et les contraintes réelles et d'en tenir rigoureusement compte engendre de nouveaux problèmes pour les chercheurs universitaires. Ainsi, la relation entre un centre de recherche et l'industrie en est une du donnant, donnant et du gagnant, gagnant.

La parole est donc aux diplômés du GERAD!

La tarification **optimale** : autant pour le client que pour l'entreprise

Quel voyageur n'a pas fait d'innombrables recherches pour trouver le tarif et le trajet optimaux pour son voyage outre-mer, surtout depuis la déréglementation? Mais a-t-on jamais imaginé la chose vue de l'autre bout de la lorgnette? **Jean-François Pagé**, responsable du groupe de recherche opérationnelle chez Air Canada, à Montréal, nous donne une idée des défis que tout cela peut poser.



Il y a 16 ans, Jean-François a été embauché à Air Canada avec un contrat de quatre mois comme analyste en recherche opérationnelle. Depuis quatre ans maintenant, il dirige le groupe de six personnes qui relève de la division des Technologies de l'information. Il a obtenu sa maîtrise en mathématiques appliquées au GERAD (École Polytechnique), sous la direction de Martin Desrochers assisté de François Soumis et de Jacques Desrosiers. Son mémoire : fabrication d'horaires d'équipages aériens avec des méthodes de génération de colonnes. Avant de se joindre à Air Canada, il a enseigné les mathématiques au Collège militaire de Saint-Jean tout en travaillant à temps partagé comme professionnel de recherche au GERAD avec Gilles Savard et Patrice Marcotte.

« On touche à tous les aspects d'une compagnie aérienne (finance, exploitation et commercial), note Jean-François. On travaille à l'optimisation des revenus, à la gestion du matériel, et toutes les méthodes de recherches opérationnelles (par extension quantitatives) sont mises à contribution. Dans la grande catégorie de la gestion des revenus, on retrouve l'allocation des sièges, la tarification et la gestion des horaires (*scheduling*). »

À l'heure actuelle, Jean-François Pagé et son équipe travaillent étroitement avec

Gilles Savard et l'équipe d'ExPretio, entreprise fondée en 2006 qui commercialise des logiciels de tarification. « On se rencontre une demie journée chaque semaine. En gros, ce système permet de considérer les objectifs des clients ainsi que ceux de l'entreprise simultanément, ce que les systèmes actuels ne permettent pas. L'objectif ultime est la tarification optimale pour Air Canada. Au lieu de tabler aveuglément sur les tarifs établis soit par les compétiteurs soit par Air Canada, on pourra les établir selon des données précises portant sur le comportement des passagers. J'ai bon espoir que le système actuel d'Air Canada sera remplacé par celui d'ExPretio d'ici deux ou trois ans. » Aussi cette application permettra de pallier une lacune très importante, celle de fournir enfin un outil pour les analystes en tarification.

Dans le numéro de juin 2004 du Bulletin du GERAD, Gilles Savard, qui, avec Patrice Marcotte et d'autres du GERAD, fut à l'origine d'un modèle pour résoudre le problème de tarification, l'avait bel et bien prédit : « L'établissement des prix par les entreprises se fait encore de façon artisanale, au pif. On attache une valeur à beau-

coup de choses sans vraiment avoir une idée précise de cette valeur. Aujourd'hui, on a les outils pour s'attaquer à ce problème. La tarification sera à l'avenir ce qu'aura été l'ordonnancement (*scheduling*) il y a 20 ans. »

« En ce qui concerne les mathématiques dans la prise de décision, on pourrait en profiter beaucoup plus à Air Canada, mais il est parfois difficile de justifier les dépenses associées à l'achat d'outils ou de ressources spécialisés. Malgré une très bonne réputation du groupe de recherche opérationnelle, les impératifs d'une entreprise comme Air Canada rendent certaines situations difficiles. Nous tenons donc à garder un bon lien avec le milieu de la recherche universitaire. Faute de temps et de ressources aussi qualifiées, on n'aurait jamais pu mettre au point un outil comme celui d'ExPretio. »

Le groupe de recherche opérationnelle d'Air Canada, à Montréal, seul du genre au sein de l'entreprise, fait également de la simulation, entre autres, pour optimiser l'emplacement et le nombre de kiosques dans les aéroports.

Le vase communicant de la recherche en industrie et en milieu universitaire

Le cas d'Air Canada

Comment distinguer la recherche en industrie de la recherche en milieu universitaire? **Jérôme-Olivier Ouellet**, analyste en recherche opérationnelle à Air Canada, l'explique comme suit : « En industrie, on doit trouver des solutions réalisables à des problèmes en tenant rigoureusement compte des contraintes réelles et des vrais comportements des gens. Au niveau universitaire, on ajoute des contraintes et des choix pour tester de nouvelles théories. Un certain flou dans les contraintes et les comportements est permis parce que l'objectif est de prouver l'efficacité et l'utilité de la théorie. »

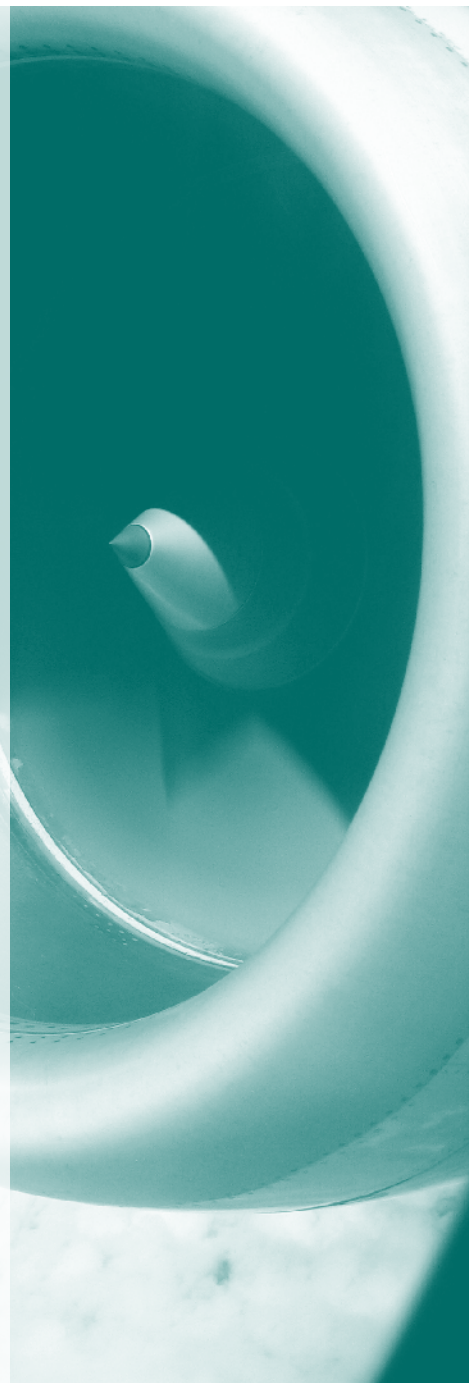
Au GERAD de 2001 à 2004, Jérôme-Olivier Ouellet a fait sa maîtrise en sciences appliquées, spécialisation mathématiques, sous la direction d'Alain Hertz et de Michel Gamache. Son mémoire portait sur la confection d'horaires d'équipages dans le domaine du transport aérien, basée sur la coloration des graphes avec une approche heuristique TABU. Il est entré à Air Canada en 2005, se joignant au groupe de recherche opérationnelle dirigé par Jean-François Pagé, un autre diplômé du GERAD.

Jérôme-Olivier poursuit : « Une entreprise va raffiner les modèles élaborés à l'université en les adaptant à sa réalité. On essaie aussi d'améliorer la vitesse, l'utilité et la convivialité de la solution. Il faut développer une interface graphique (GUI) qui permettra, par exemple, à 5000 personnes de l'utiliser partout. Les entreprises s'intéressent beaucoup à ce qui se fait à l'université, là où la preuve d'une théorie est faite. Mais de là à l'appliquer, il y a loin de la coupe aux lèvres. »

Une partie de la mission d'un groupe de recherche opérationnelle comme le sien à Air Canada consiste à être à l'affût de tout ce qui se fait à l'université pour savoir quand il peut y avoir une application intéressante. Les divisions et groupes spécifiques d'une entreprise comme Air Canada s'attendent justement à cela : trouver des méthodes et des modèles mathématiques qui permettront de raffiner les décisions d'entreprise; savoir quand l'utilisation d'une nouvelle méthode représente une possibilité de gains.

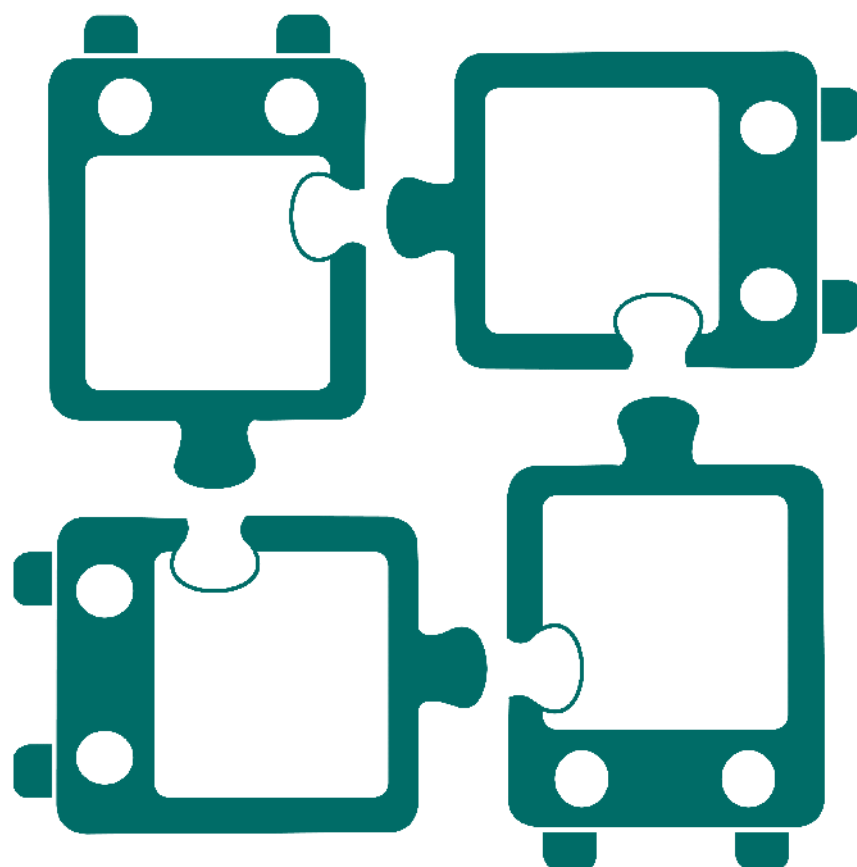
Parlant des liens entre l'industrie et l'université, Jérôme-Olivier Ouellet ajoute : « Quand on se bute à un problème, il nous arrive de demander à nos contacts universitaires si un étudiant peut l'étudier et nous aider à le résoudre. On crée des partenariats. Les liens que le GERAD entretient avec l'industrie sont un gros avantage qu'on ne voit pas toujours. Le GERAD peut chercher du financement de cette manière. On est porté à se tourner vers le GERAD ou vers d'autres universités pour résoudre des problèmes qui nous dépassent. Le GERAD est toujours resté au diapason de l'industrie. Quand je faisais ma maîtrise, j'étais toujours content de savoir que les mathématiques que je faisais allaient servir à quelque chose. »

Son premier projet à Air Canada cadrait bien avec le sujet de ses études. En effet, pendant deux ans, Jérôme-Olivier travaillait sur la confection d'horaires. Air Canada avait acheté un nouveau système qu'il fallait raffiner, implanter et rôder avant de le mettre en service. Maintenant ses recherches sont engagées suite à des demandes de divisions de l'entreprise qui cherchent à résoudre des problèmes.



Résoudre le casse-tête du transport **commun** dans une grande ville

Pour une société de transport en commun d'une ville de taille moyenne ou grande, qu'elle possède des trains de banlieue, des tramways ou des autobus, il est presque impossible de fonctionner aujourd'hui sans des logiciels de planification et de gestion des opérations comme ceux mis au point par la société GIRO.



Éric Gélinas, qui a fait sa maîtrise en mathématiques au GERAD de 1990 à 1992, dirige un groupe de 25 personnes chez GIRO. Ce groupe est chargé du développement d'HASTUS, une suite de produits informatiques destinés aux sociétés de transport en commun publiques ou privées. Notons que GIRO détient une part importante du marché mondial, vendant des logiciels sur tous les continents. HASTUS est utilisé par plus de 250 sociétés de transport dans 21 pays.

Après une maîtrise à l'École Polytechnique, Éric Gélinas a travaillé au GERAD pendant quatre ans comme professionnel de recherche. Sous la direction de François Soumis, il a travaillé notamment sur la version 4 de Gencol (génération de colonnes) ainsi que sur le développement d'une technologie de fabrication d'horaires mensuels personnalisés. Par la suite, de 1996 à 2007, il a été à l'emploi d'AD OPT, entreprise spécialisée dans le transport aérien, avant de rejoindre les rangs de GIRO en 2007. Ces deux entreprises sont fondées sur des technologies développées au GERAD et reconnues mondialement maintenant (Voir l'article sur Daniel Villeneuve).

« Les sociétés de transport prennent des décisions de toutes sortes, observe Éric Gélinas : l'offre de service, le nombre de véhicules, leur utilisation, l'utilisation efficace des employés et ainsi de suite. GIRO utilise

les mathématiques pour fournir des outils d'aide à la prise de décision de toutes sortes. Ces outils permettent aux sociétés de transport collectif de réduire considérablement leurs coûts. »

En plus de permettre la planification des horaires de véhicules et du personnel, HASTUS permet aux sociétés de transport de faire le suivi de leurs opérations quotidiennes. La gestion des retards, des absences et de la rémunération des employés est assurée par la partie opérations d'HASTUS.

« Nous produisons une nouvelle version chaque année, précise Éric Gélinas. En plus des améliorations aux produits de la suite, un groupe algorithmique assure l'évolution

de nos technologies grâce à l'innovation et à la veille technologique. »

GIRO produit une version générique d'HASTUS, mais aussi des versions sur mesure ou personnalisées selon les besoins des clients.

Selon Éric Gélinas, dès qu'une société de transport compte 200 autobus ou plus, elle doit se doter d'un logiciel de ce genre. L'investissement est important, mais le retour sur l'investissement ne fait aucun doute.

La Caisse de dépôt

Tout passe par la répartition qui, elle, passe par la modélisation mathématique

Tout le monde qui habite au Québec a intérêt à voir prospérer la Caisse de dépôt et placement du Québec, qui gère notamment le Régime de rentes du Québec. Son actif s'élève à près de 150 milliards \$, observe **Tarek Masmoudi**, conseiller, Recherche et conseil en politique de placement à la Caisse. La réussite de la Caisse passe nécessairement par la bonne répartition des placements qui, selon la littérature, expliquerait 90% des rendements des gestionnaires institutionnels. Et la répartition des placements est basée sur la modélisation mathématique. Ainsi, il va de soi que tout le monde a intérêt à ce que les méthodes de modélisation mathématique soient les meilleures qui existent.



Tarek Masmoudi, diplômé du GERAD (HEC Montréal), fait partie d'une équipe de vingt chercheurs dont cinq personnes travaillent sur l'optimisation de la répartition des placements. En mai 2006, il a soutenu sa thèse de doctorat portant sur la gestion de portefeuille : choix d'investissement, de consommation et des frais de gestions dans un cadre de temps continu. Réalisée sous la direction de Michèle Breton, sa thèse consiste en trois articles sur l'optimisation de gestion de portefeuille à l'aide de jeux dynamiques et de contrôles stochastiques.

Au cours des 50 dernières années, les finances ont connu une transformation majeure, note Tarek. « Au début, on ne pensait pas que les finances étaient du domaine scientifique. On les abordait de manière statique avec comme seul but de maximiser le rendement. Ce qui était statique est main-

tenant dynamique et hétérogène. On doit tenir compte de l'hétérogénéité et des fluctuations de toutes sortes et les modéliser. D'où l'intérêt de la théorie des jeux dans la gestion de portefeuille optimale. »

La Caisse de dépôt et placement compte vingt déposants, majoritairement des caisses de retraite, dont la plus importante est le RREGOP. Chaque déposant arrive avec des objectifs précis, généralement établis sur le moyen et le long terme. À titre d'exemple, une caisse se fixera des objectifs de rendement et de gains et précisera son niveau de tolérance au risque. De plus, elle aura des contraintes à respecter en termes de liquidités nécessaires sur un échéancier donné. Voilà le point de départ de l'équipe de Tarek Masmoudi.

« On regarde l'ensemble. Il y a 18 catégories d'actifs. On établit des modèles de prévision. Sur cette base, avec les contraintes, on modélise le tout pour obtenir la répartition optimale de placement des fonds. »

Selon Tarek Masmoudi, l'optimisation de la gestion de portefeuille est un domaine en pleine expansion. « Notre objectif, notre souhait, c'est de développer des stratégies innovatrices et, ensuite, de déterminer si ça vaut la peine de les intégrer à la Caisse de dépôt et placement. »

Les outils ainsi mis au point sont au cœur de toute décision prise par la Caisse dans la réalisation de sa mission. Elle ne peut plus fonctionner sans ces outils.

Tarek Masmoudi caresse un projet dont les premières indications formaient un quatrième essai de sa thèse de doctorat, qui se termine comme suit : Il serait intéressant de considérer, dans une recherche future, l'incorporation de la valeur ajustée par une mesure de risque dynamique cohérente dans des modèles d'optimisation de portefeuille et de voir son impact sur la gestion des risques. « Je travaille beaucoup là-dessus. Il y a beaucoup de débat à ce sujet. Peut-être, un jour, la Caisse adoptera ces méthodes. »

Des outils mathématiques de **classification** automatique pour se conformer à l'accord de Bâle II

Citi compte plus de 200 millions de clients et emploie 320 000 personnes dans plus de 100 pays. **Alejandro Karam**, qui a terminé son doctorat au GERAD en 2005, est vice-président du groupe *Economic and Regulatory Capital*, dans le *Global Consumer Group* de Citi. Il travaille actuellement sur l'implantation d'un nouveau système de gestion de risques et de capitalisation permettant de se conformer à l'accord de Bâle II. Les outils de classification automatique étudiés au GERAD sous la direction de Pierre Hansen lui servent tous les jours.

Originaire du Mexique, Alejandro Karam a d'abord fait une maîtrise en ingénierie économique (*Engineering Economic Systems*) à Stanford, en Californie, avant de travailler dans l'industrie et, par la suite, à titre de conseiller du ministre des Finances du Mexique. De 2001 à 2005, il a poursuivi ses études de doctorat à HEC où il a également enseigné. Citigroup l'a embauché tout de suite à la fin de ses études.

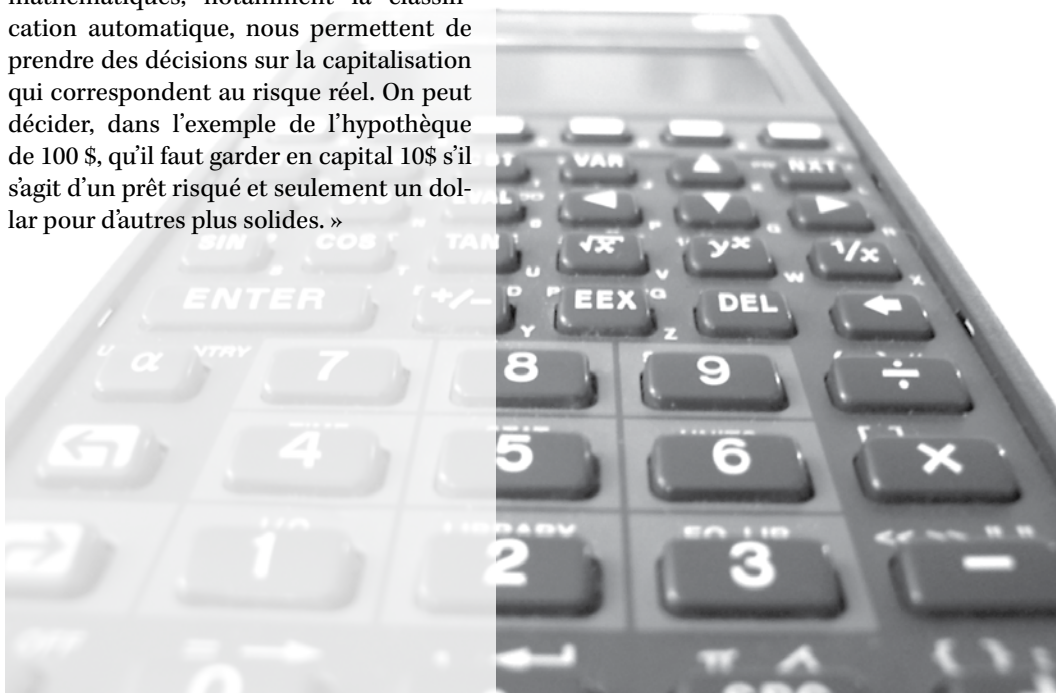
« La classification automatique, outil essentiel de l'exploitation des données (*data mining*), vise à catégoriser des individus ou des objets sur lesquels on a peu d'information disponible. Il y a des applications dans toutes sortes de domaines. À titre d'exemple, on s'en sert en médecine pour distinguer les tumeurs bénignes de celles qui sont malignes. Et en commerce et en finance, pour distinguer les bons clients des mauvais, ou les transactions frauduleuses de celles qui sont légitimes. La classification automatique est au cœur de la gestion moderne de toute institution financière » observe Alejandro.

L'idée de l'accord de Bâle II, précise Alejandro, c'est d'établir dans le système bancaire une capitalisation plus sensible aux risques. Ainsi, les autorités financières de nombreux pays ont convenu d'une série de normes qui servent à orienter les institutions bancaires dans la gestion de leurs risques et surtout à déterminer le minimum de capital qu'elles doivent maintenir. L'équipe d'Alejandro vise à implanter le nouveau système conforme à Bâle II en janvier 2008.

« En pratique, cela veut dire qu'on alloue un niveau de capital qui correspond à un niveau de risque donné. Par exemple, le régime actuel exige que pour chaque 100\$ d'un prêt hypothécaire, on doit garder 4\$, quelle que soit la qualité du client et de la propriété et où qu'elle se trouve, à Rio de Janeiro ou à Londres. Bref, le capital requis ne dépendait pas du risque. Les méthodes mathématiques, notamment la classification automatique, nous permettent de prendre des décisions sur la capitalisation qui correspondent au risque réel. On peut décider, dans l'exemple de l'hypothèque de 100 \$, qu'il faut garder en capital 10\$ s'il s'agit d'un prêt risqué et seulement un dollar pour d'autres plus solides. »

« Le *Global Consumer Group* de Citi gère plus de 1000 portefeuilles de produits bancaires disponibles dans plus de 70 pays, ajoute Alejandro. Les outils mathématiques permettent de comparer et d'évaluer le risque et la performance de ces portefeuilles de façon cohérente. Ainsi, les investisseurs, la haute direction de la banque et même les autorités financières ont la perspective nécessaire pour la prise de décisions. »

Quelles sont les relations entre une importante institution bancaire comme Citigroup et le milieu de la recherche universitaire? Alejandro Karam note que son groupe se sert des publications académiques, mais il y a très peu d'interaction directe avec ce milieu. « Pour le moment, on n'a pas su exploiter tout le potentiel de collaboration en recherche et développement, mais il y a sûrement d'excellentes possibilités. »



Au-delà du flair, on peut maintenant mesurer l'**efficacité** de la pub

Le marketing, considéré parfois à tort comme un domaine mou, connaît une révolution sous l'influence des mathématiques. Voilà ce qui ressort d'une conversation avec **Ramla Jarrar**, qui a soutenu sa thèse de doctorat en octobre 2004 sur l'application des jeux dynamiques sur un marché duopole compétitif, sous la direction de Georges Zaccour.



Ramla Jarrar vit à Londres depuis novembre 2004. Après avoir enseigné à l'université Greenwich dans le programme de MBA, elle a été embauchée par le groupe OHAL, chef de file des agences de marketing et de publicité en Europe, qui se spécialise notamment dans l'optimisation de l'efficacité de la publicité.

« En gros, nous mesurons avec précision l'efficacité de la publicité. À l'aide de modèles mathématiques, on mesure le retour sur l'investissement de nos clients dans leurs activités de marketing et de publicité : est-ce qu'une publicité a marché? Est-ce que le placement dans un poste de télévision produit de bons résultats? Le client achète des données de diverses sources, dont Nielsen qui figure parmi les plus connues. On s'en sert pour modéliser l'ensemble et on arrive à proposer une autre répartition des budgets de publicité pour optimiser le rendement de la publicité. C'est de l'optimisation pure et dure » fait remarquer Ramla Jarrar.

La demande pour les services d'économétrie appliquée au marketing est en croissance constante, note Ramla, et OHAL, pionnier dans le domaine, recrute sans cesse des spécialistes ayant fait des études avancées pour y répondre.

« Les mathématiques de haut niveau dans le marketing permettent aux clients de pren-

dre des décisions en toute connaissance de cause, précise Ramla Jarrar rejointe en Tunisie. Auparavant, on se fiait au flair de certaines personnes, ce qui comportait évidemment le risque de se tromper. »

Un lien de cause à effet.

Par ailleurs, elle a déjà vu des cas où le client a eu toute une surprise à la vue des résultats des recherches qui allaient carrément à l'encontre d'idées reçues au sujet de la publicité. « Ces clients se sont rendu compte qu'ils avaient gaspillé beaucoup d'argent. Il dépensaient environ 50 millions de livres par année en publicité, mais de façon totalement inefficace. La modélisation mathématique et l'optimisation permettent de raffiner l'analyse et d'économiser beaucoup. Avec toutes les données disponibles, on est en mesure d'identifier les bons coups de publicité, ceux qui ont engendré des ventes, et d'identifier les coups qui ont fait chou blanc. Sans les méthodes modernes, on était toujours dans l'à-peu-près, car on a affaire à des

comportements humains qui sont toujours difficiles à cerner. Mais les données seules ne suffisent pas. Que faire d'un océan de données sans la méthodologie solide et éprouvée pour y voir clair? »

Qui dit océan de données, dit aussi exploitation de données ou *data mining*, cette approche qui consiste à y trouver un sens qui peut être utile. Ramla Jarrar : « Le *data mining* sert aussi, mais surtout en aval. Par des méthodes d'exploitation de bases de données massives, on trouve des trucs pour aider les clients à comprendre des phénomènes du marché tel le comportement selon le sexe, le niveau d'études, le lieu de résidence et ainsi de suite. »

Domaine de l'avenir? Ramla Jarrar y croit fermement. Les clients voient que ça vaut la peine de s'en servir car on arrive à mettre le doigt sur le problème et identifier un lien de cause à effet : une publicité et son effet en termes de ventes. Elle ajoute que sa formation au GERAD – doctorat d'une école de renommée (HEC Montréal) sous la direction d'un professeur de renom – l'a bien préparée pour ce genre de travail.

28 millions de clients, 58 centrales nucléaires : un vrai **casse-tête**!

Vive les méthodes quantitatives

« Quelle que soit l'industrie, elle aura de plus en plus besoin d'outils fondés sur les méthodes quantitatives pour prendre les décisions, insiste **Guillaume Dereu**, qui est actuellement chercheur dans la division Recherche et développement d'EDF (Électricité de France), le plus important producteur d'électricité d'Europe. Mais aucun fournisseur ne pourrait faire des outils assez puissants pour faire le travail demandé par EDF. L'entreprise doit donc les développer elle-même. » C'est sans doute cette exigence qui explique l'envergure de la division R & D chez EDF, qui compte environ 2000 personnes travaillant dans des domaines très divers, dont les mathématiques de la décision.

Étudiant au GERAD de 2003 à 2005, Guillaume Dereu a obtenu sa maîtrise de l'École Polytechnique en avril 2005. Son sujet de recherche : la comparaison d'une méthode de génération de colonnes et d'une méthode de recherche TABU pour le problème d'horaires avec dépôts multiples, travail encadré par Guy Desaulniers et Alain Hertz. « Mon étude a porté sur l'application de deux méthodes très différentes pour résoudre un même problème issu du monde des transports. Mais il a des applications directes possibles autant en transport en commun qu'en transport aérien. »

Exemple de la polyvalence des mathématiques de la décision, Guillaume travaille actuellement sur la gestion de centrales et la planification à moyen terme, soit de 1 à 5 ans – le court terme étant le lendemain, le long terme, 5 à 40 ans, que ce soit

en électricité ou en transport. « Au début mes travaux portaient sur des problèmes de transport, mais la partie algorithmique est très proche, que ce soit électricité ou transport. On modélise le jeu entre l'offre et la demande afin d'optimiser la gestion du parc d'équipement. La libéralisation du marché d'électricité en Europe a transformé la gestion du parc de production de fond en comble. On doit décider entre deux options : acheter ou produire de l'électricité, et à quel moment. Auparavant, l'objectif était de minimiser les coûts, aujourd'hui il consiste à maximiser les gains. »

Signalons que EDF possède un important parc de centrales nucléaires ainsi qu'une production hydroélectrique qui compte pour environ 8 % de sa production totale. Guillaume précise : « Au centre de recherche, à titre d'exemple, on développe des outils de décision pour déterminer la manière optimale de positionner les arrêts de centrales nucléaires pour rechargement. Il faut arrêter chaque centrale pour deux mois tous les 18 mois. Avec une pointe hivernale, comme au Québec, il faut éviter que l'arrêt se fasse à ce moment. Aussi, il faut tenir compte des contraintes des équipes de travail. On veut maximiser la disponibilité de ces centrales au moment où le prix est le plus élevé, tout en gardant les coûts de production au plus bas. »

Tout producteur d'électricité qui a un parc d'équipement diversifié doit faire des arbi-

trages sur l'opportunité d'utiliser l'une ou l'autre de ses sources d'énergie pour répondre à la demande. Pour modéliser l'équilibre entre l'offre et la demande, il faut donc donner une valeur à l'eau des réservoirs – valeur fluctuante – pour permettre notamment d'arbitrer entre un usage immédiat ou différé, entre un usage en hiver ou en été, ainsi que déterminer les besoins en combustibles.

De nouvelles contraintes pointent à l'horizon, dont l'émission de polluants, observe Guillaume. « On développe de petits outils qui se grefferont aux principaux outils pour tenir compte des polluants. Mais considérant le rôle important de la filière nucléaire, EDF est moins sensible à ces contraintes que d'autres acteurs. » La question se pose aussi : tiendra-t-on compte dans les nouveaux modèles d'éventuels gains tirés de la production d'électricité propre, c.-à-d. sans carbone?

Selon Guillaume Dereu, l'utilisation des méthodes quantitatives pourrait être plus développée dans les grandes sociétés. « Il y a beaucoup de domaines où on pourrait les utiliser, mais ça ne va pas assez vite à mon avis. »

Analyser les **risques** d'affaires du beau temps et du mauvais temps

Claude Berger est spécialiste en gestion intégrée des risques d'affaires à la direction Planification financière et Intégration des risques d'affaires à Hydro-Québec. Sa relation avec le GERAD remonte à la fondation du centre de recherche, en 1980, après sa maîtrise au Département d'informatique et de recherche opérationnelle, à l'Université de Montréal. Embauché comme professionnel de recherche par le directeur Alain Haurie pour travailler sur le modèle MARKAL, il y a passé 18 ans, pendant lesquels il a fait son doctorat sous la direction de Richard Loulou et de François Soumis. Il a consacré ses deux dernières années au GERAD à la gestion des matières résiduelles et à la mise au point du modèle EUGENE. Ce travail sur les modèles MARKAL et EUGENE, utilisés principalement dans le domaine de l'énergie et de l'environnement, l'a bien préparé pour la deuxième étape de sa carrière.

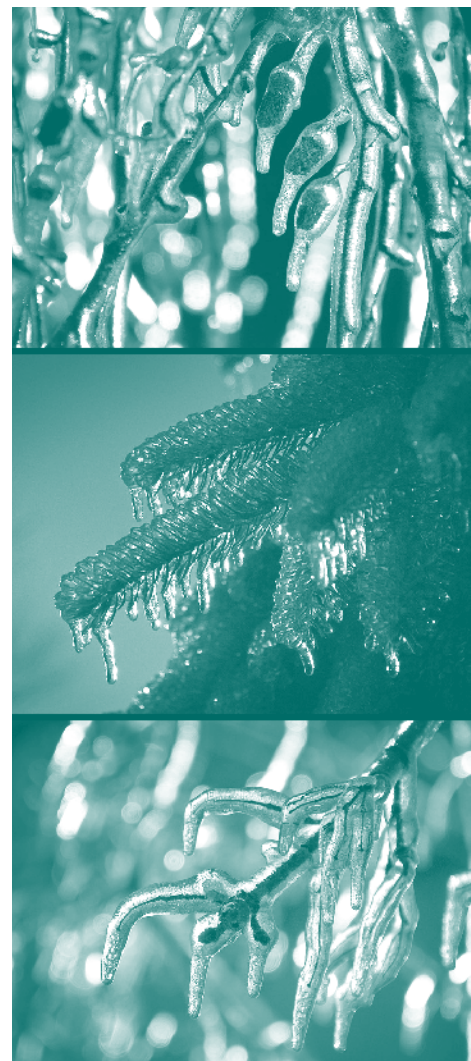
En juin 1998, six mois après la grande tempête de verglas, il a fait le saut en industrie, se joignant à la nouvelle unité d'Hydro-Québec chargée par le conseil d'administration de la société d'État d'évaluer régulièrement les risques d'affaires. Malgré les apparences, précise Claude Berger, cette tempête de verglas qui a mis Hydro-Québec – et tout le Québec – à rude épreuve n'est pas ce qui a incité l'entreprise à créer une unité consacrée au suivi des risques d'affaires, la décision ayant été prise fin 1997.

« L'évaluation des risques d'affaires dans une entreprise comme Hydro-Québec va bien plus loin que la simple gestion des risques financiers et des risques qu'une autre entreprise peut affronter, fait-il remarquer. Il y a énormément d'aléas dont il faut tenir

compte. À titre d'exemple, Hydro-Québec compte sur l'hydroélectricité pour 95 % de sa production d'électricité. Les apports d'eau, tout comme la température, peuvent varier beaucoup d'une année à l'autre, influençant ainsi les quantités d'énergie disponibles et les niveaux de consommation. Mais quel sera l'impact sur les revenus de ces variations ? Il y a aussi le risque d'erreur dans la prévision de la demande ainsi que la volatilité des prix dans les marchés externes, lesquels peuvent varier du simple au triple et plus dans une période d'heures. Comment gérer les ressources, l'achat et la vente, de manière à se protéger contre ces aléas ? »

D'autres contraintes, moins mathématiques, s'y ajoutent. Même si le marché de l'électricité en Amérique du Nord a été déréglementé, tout ce qui a trait à la distribution et au transport de l'électricité au Québec est réglementé par la Régie de l'énergie, rappelle Claude Berger. Il en est de même pour ce qu'on appelle « l'approvisionnement post patrimonial » du distributeur. Puisqu'il est difficile de prédire les décisions de la Régie, qui évoluent d'année en année, il existe aussi un risque réglementaire qui rend très ardue la considération d'horizons de plus d'un an. Y aurait-il lieu de recourir aussi à la théorie des jeux ?

Avant la déréglementation des marchés d'électricité en Amérique du Nord, les options de gestion des ressources hydro-électriques étaient beaucoup moins nombreuses. Quand Hydro-Québec se trouvait avec des surplus d'énergie – un trop-plein dans ses réservoirs – l'entreprise téléphonait à des entreprises des marchés externes voisins, au Canada ou aux États-Unis, qui pouvaient acheter de l'électricité à très bon marché car Hydro-Québec n'avait d'autre choix que de l'écouler. Maintenant c'est à la fois plus simple, du fait de l'exis-



tence de marchés organisés à court terme, et plus complexe, du fait des règles de ces marchés et de la grande volatilité des prix. Mais c'est aussi plus rentable. Voilà un important défi pour l'application des méthodes mathématiques en optimisation de la gestion des ressources : comment gérer simultanément les réservoirs, le parc de production de l'entreprise et ses transactions sur les marchés externes, où le long terme et le très court terme se mélangent constamment ?

« Les analyses quantitatives servent à évaluer les impacts des risques considérés sur le bénéfice net de l'entreprise ainsi que la probabilité d'atteindre ou de dépasser le bénéfice net ciblé, un résultat très apprécié de la haute direction. Elles sont effectuées pour chaque nouveau plan d'affaires ainsi que pour ses suivis réalisés deux fois l'an. Aux deux ans, nous faisons le même exercice lors de l'élaboration d'un nouveau plan stratégique quinquennal, bien que les résultats ne soient publiés dans le document officiel que pour l'année médiane du plan. »

Les évaluations sont faites par simulation de Monte Carlo à l'aide d'un modèle intégré des risques faisant appel à des modèles d'optimisation simples au sein de chacun des scénarios évalués. Ce modèle, qui a bénéficié des apports de Denis Lavigne (un autre ancien du GERAD) lors des premières années d'activité de l'unité, a beaucoup évolué avec le temps. Les changements réglementaires et organisationnels amènent leurs lots de modifications au modèle.

« Mais dans une grande entreprise comme la nôtre, ajoute Claude Berger, l'un de nos

plus importants défis consiste à obtenir les données et les informations pertinentes nous permettant de mettre à jour et de perfectionner nos analyses. L'analyse des risques d'affaires étant une activité relativement nouvelle, les unités d'affaires ont encore tendance à nous traiter comme les autres unités corporatives en nous transmettant des résultats finaux pas toujours facilement utilisables dans nos modèles, ce qui nous force à arrondir les coins. À cela s'ajoutent la séparation fonctionnelle d'Hydro-Québec (création des divisions) et l'existence d'un code d'éthique régissant les communications entre divisions pour assurer la transparence du processus d'appels d'offres. »

Les mathématiques de la décision sont également présentes dans d'autres sphères d'activité d'Hydro-Québec. À titre d'exemple, des applications plus traditionnelles de la recherche opérationnelle ont cours à Hydro-Québec Production, une autre division relativement étanche de la société d'État, qui s'occupe de l'optimisation fine de la gestion du parc de production.



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
bulletin@gerad.ca

Rédacteur en chef
Robin Philpot
rphilpot@sympatico.ca

Traduction
Robin Philpot

Conception graphique
HEC Montréal

Dépôt légal : 4^e trimestre 2007
Bibliothèque nationale du Québec

Reproduction autorisée
avec mention de la source

Newsletter

*Groupe d'études et de recherche
en analyse des décisions*

GERAD

Volume 4 • Number 2
November 2007

GERAD graduates talk about mathematics in action

Fundamental to the mission of a research centre is the training of highly qualified personnel, as funding agencies point out. How do our graduates apply and develop the knowledge acquired at GERAD when they leave their academic careers for the private or public sector? The question is particularly relevant for a research centre like GERAD that addresses diverse questions but with a common thread, namely decision making.

We therefore decided to ask GERAD graduates from different periods to talk about their experience. It is particularly pleasant to hear from them and to observe how mathematics in decision-making has made its mark, and how useful it is in the heat of action in a very wide range of activities. We wish to thank the nine graduates presented in this Newsletter for their participation.

Enjoy reading the Newsletter!
Georges Zaccour

A world to **discover**

GERAD has been home to all of them, but now they work in very different sectors from electricity generating plant management through marketing, pricing, air transportation, and rapid public transit to risk management and management of enormous financial portfolios. Mathematics and its fundamental role in decision-making is the thread that links these nine GERAD graduates. What's more, listening to each graduate, one wonders how the companies they work for were able to get along before without having the contribution of high-power math.

Their names are Daniel Villeneuve, Jean-François Pagé, Jérôme-Olivier Ouellet, Éric Gélinas, Tarek Masmoudi, Alejandro Karam, Ramla Jarrar, Guillaume Dereu and Claude Berger. And there are

*Please see **A world to discover** on page 3*

bulletin@gerad.ca

SUMMARY

GERAD update	2
Daniel Villeneuve	3
Jean-François Pagé	4
Jérôme-Olivier Ouellet	5
Éric Gélinas	6
Tarek Masmoudi	7
Alejandro Karam	8
Ramla Jarrar	9
Guillaume Dereu	10
Claude Berger	11



THE FREDERICK W. LANCHESTER PRIZE (INFORMS)

Vašek Chvátal, holder of the Canada Research Chair in Combinatorial Optimization, and GERAD member, has received the 2007 Frederick W. Lanchester Prize from INFORMS for his book *The Traveling Salesman Problem: A Computational Study*, Princeton University Press, 2006, written with coauthors David L. Applegate, Robert E. Bixby et William J. Cook.

PRIX PIERRE-LAURIN

Bruno Rémillard, full professor at the Department of Management Sciences, HEC Montréal and GERAD member, received the 2007 Pierre Laurin Award (ex aequo with Bernard Sinclair-Desgagné). This award recognizes research conducted over the past three years at HEC Montréal by a full professor or researcher or a guest professor at that level.

PRIX ROGER-CHARBONNEAU

Gilbert Laporte, holder of the Canada Research Chair in Distribution Management, and GERAD member, received the 2007 Roger-Charbonneau Award. This award recognizes the quality of an educational handbook published in French or another language over the year one or more professors, researchers, full-time lecturers or full-time faculty lecturers at HEC Montréal. The book entitled *Transportation* was written with Cynthia Barnhart of the Massachusetts Institute of Technology (MIT), USA.

THE WINTER SIMULATION CONFERENCE (WSC) CELEBRATES 40TH ANNIVERSARY

A paper by **Pierre L'Écuyer**, full professor in the Computer Science and Operations Research Department at the Université de Montréal, was chosen among thousands of others to celebrate the 40th anniversary of the Winter Simulation Conference (WSC), held on October 12, 2007. Pierre L'Écuyer's article is entitled *Efficient and portable 32-Bit random variate generators*, and is published in Proceedings of the 1986 Winter Simulation Conference, J. Wilson, J. Henriksen, S. Roberts (eds.), 275-277, 1986.

On September 21, 2007, **Pierre Hansen** was reconfirmed as representative of GERAD Seminars and **Michèle Breton** was elected as members' representative on the GERAD Management Board for the next three years.

Gilles Savard was appointed Director of Research and Innovation at École Polytechnique de Montréal with a four-year mandate as of August 13, 2007.

Guy Desaulniers was appointed full professor in the Department of Mathematics and Industrial Engineering at École Polytechnique in July 2007.

Olivier Bahn was appointed associate professor in the Department of Management Sciences at HEC Montréal in July 2007.

Gilles Caporossi, GERAD member and associate professor in the Department of Management Sciences at HEC Montréal, won the Promising Young Scientist Award during the third meeting of the International Academy of Mathematical Chemistry, at Dubrovnik, June 7 to 9, 2007.

Soheil Saberi, an M.Sc.A. student codirected by Roland Malhamé (GERAD) and Lorne Mason (McGill) received the best paper award in June 2007 at the International Conference on Network Control and Optimization, Avignon, France for the paper entitled "*Pricing for QoS Provisioning across Multiple Internet Service Provider Domains*", by S. Saberi, R. Malhamé and Lorne Mason.

EVENTS IN 2007

- A workshop on Game Theory in energy, resources, and environment on October 25 and 26, 2007
- The first Montreal Workshop on the Resolution of Industrial Problems, August 20 to 24, 2007
- Workshop on Mixed Integer Programming (MIP), July 30 through August 2, 2007
- Mini-course on GARCH and Stochastic Volatility Models, March 12 to 14, 2007

EVENTS IN 2008

- GERAD thematic workshop on multi-criteria decisions in spring 2008
- Workshop on Games in Management Science, May 2 and 3, 2008
<http://www.gerad.ca/colloques/Workshop-DGTA/index-fr.htm>
- GERAD summer school in data mining in May 2008
- GERAD thematic workshop on telecommunications in summer 2008
- MCQMC'08, Eighth International Conference on Monte Carlo and Quasi-Monte Carlo Methods in Scientific Computing, July 6 through July 11, 2008
<http://www.crm.umontreal.ca/mcqm08/index.shtm>
- Workshop : Column Generation 2008, France, June 17 to 20.

New Members

Regular Member

Balas Srinivasan,
École Polytechnique de Montréal

Associate Members

Guiomar Martín-Herrán,
Universidad de Valladolid, Spain

Javier De Frutos, Universidad de Valladolid, Spain

Optimization in airlines: substantial **investment** can lead to substantial **gains**

“The Gencol story reads like a mix between the adventures of two impassioned inventors and the legend of bold entrepreneurs.” That is how the first issue of the GERAD Newsletter described the Gencol group – Gencol for column generation. **Daniel Villeneuve**, who was affiliated with GERAD from 1989 to 2003, took part in that adventure. Moreover, he has seen both the inventor’s and the entrepreneur’s side of the equation.

Daniel Villeneuve is now Software Architect, Operations Research, in the AD OPT division of Kronos. As a scholarship student and intern in the group led by François Soumis and Jacques Desrosiers, Daniel Villeneuve contributed to the fundamental research that resulted in the creation of AD OPT Technologies. He did his master’s, doctorate and post-doc studies at École Polytechnique and at GERAD under the supervision of François Soumis and Jacques Desrosiers, and published several articles with his colleagues on problems linked to column generation, among others.

In 2003, Daniel Villeneuve started working full time for AD OPT, a spin-off from GERAD’s Gencol group specialized in scheduling in the airlines industry. Kronos, a human resources management company, bought AD OPT in 2004.

“Our goal is to optimize crew planning and scheduling for major airlines. Our products cover a wide range of crew planning activities from the building of anonymous pairings to the repairing of crew lines.

We develop mathematical models whose implementation is then adapted to take into account industry constraints and human behaviour. The level of detail and the accuracy of the data are essential for us.”

With such a long experience at GERAD, it is not surprising to learn that Daniel Villeneuve maintains close ties with the GERAD team. “We often turn to GERAD to solve problems and carry out research contracts,” he adds. On this point, he echoes Jacques Desrosiers who pointed out that AD OPT represents a source of funding for GERAD, but it is also “a source of great research problems”.

Whereas AD OPT software has been commercialized for more than ten years and all major airlines have been using it for several years, Daniel Villeneuve notes that certain customers are still solving some of their scheduling problems manually. In such cases, automation of the decision process must first be modeled before the problems of optimization can be addressed.

Daniel Villeneuve is convinced of the expansion potential in the use of mathematical models perfected in industry. He nonetheless points out: “The cost of this kind of software is very high, mainly because the manpower required is highly educated. In the airline business, at a time when retaining staff is a challenge, human resources costs and crew member satisfaction are both significant enough to justify the investment.”

... A world to discover (suite)

many more who, like the nine presented in this Newsletter, put to use the mathematical skills and knowledge acquired during their graduate studies under the supervision of GERAD members to enlighten the decision-making process. They all agree that the door to mathematics in decision-making is barely ajar and that when it is wide open the new horizons are mind-boggling.

Applications to each and every concept and notion presented in earlier issues of the GERAD Newsletter can be found. For example, applications may use column generation methods, graph colouring using a TABU search approach, dynamic games theory, stochastic controls, “hard core” optimization, data mining, bi-level mathematical programming, automatic classification, and so on. Overlapping is by no means precluded.

In interviews granted to the GERAD Newsletter, they all seemed clearly interested in and supportive of reinforced ties between industry and academic research activities. On the one hand, those involved in applied research in industry simply lack the time to solve certain new problems and develop innovative new tools. The short term always tends to win out. On the other hand, the obligation in industry to identify real behaviour and constraints and to take them into account rigorously generates new problems and new ways of seeing them for academics. Thus, the relationship between a research centre and industry is characterized by give and take, but at the same time it is also a win-win situation.

GERAD graduates now have the floor!

Optimal pricing for both the customer and the company

What traveller has never searched widely to find the optimal price and itinerary for an overseas trip, especially since the deregulation of civil aviation? Imagine therefore what is it like then from the other end? **Jean-François Pagé**, Manager of the Operations Research Group at Air Canada in Montreal, casts light on the challenges raised for companies.



Sixteen years ago, Jean-François was hired as Operations Research Analyst by Air Canada on a four-month contract and he never left. For the past four years, he has led a group of six people in the Information Technologies Division. He earned his master's in applied mathematics at GERAD (École Polytechnique), under the supervision of Martin Desrochers, with the help of François Soumis and Jacques Desrosiers. His master's thesis was on airline crew scheduling using column generation methods. Before joining Air Canada, he taught math at the Saint-Jean Military College while working part time as a research professional with Gilles Savard and Patrice Marcotte.

"We deal with all aspects of an airline company (finance, operations, and commercial)," notes Jean-François. "We work on revenue optimization and equipment inventory problems, and all operations research and quantitative methods are brought to bear. The broad revenue management category includes seat allocation, pricing, and scheduling."

At present, Jean-François Pagé and his team are working closely with Gilles Savard and the team at ExPretio, a company founded in 2006 that commercializes pricing software. "We meet for half a day every week. Basically, the ExPretio system makes it pos-

sible to consider both the customers' and the company's objectives simultaneously, something that is beyond the capacity of current systems. The end goal is optimal pricing for Air Canada. Instead of blindly basing prices on those established either by our competitors or by Air Canada, we will be able to set prices based on accurate data representing real passenger behaviour. I'm quite hopeful that the current Air Canada system will be replaced by the ExPretio system in two or three years." In addition, this application will help respond to a very major shortcoming, namely having a tool for pricing analysts.

In the June 2004 issue of the GERAD Newsletter, Gilles Savard, who developed the model to solve the pricing problem along with Patrice Marcotte and others in GERAD, had predicted such an outcome: "Companies are still pricing their products by intuition or putting a finger to the wind. Values are given to product components even though people have little idea of what the real value is. Nowadays, we have the tools to tackle this problem. In coming years, pricing will be what scheduling was twenty years ago."

Regarding the role of mathematics in decision making, Jean-François observes that "Air Canada could take much greater advantage of it, but sometimes it is difficult to justify the expenditures linked to purchase of specialized tools and resources. Though our operations research group has a good record, companies like Air Canada have other imperatives that make certain situations difficult. We thus strive to maintain good ties with the university research community. Without the time and qualified resources, we could never have developed a tool like the one developed by ExPretio."

Air Canada's Operations Research Group, which is located in Montreal, also performs simulations for example to optimize the number and the location of ticket booths in airports.

Air Canada : cross fertilization in research between industry and universities

What is the difference between industry research and academic research? **Jérôme-Olivier Ouellet**, Operations Research Analyst at Air Canada, describes the difference as follows: "In industry, we have to find usable solutions to problems while rigorously taking into account the real constraints and actual behaviour of people. In an academic environment, constraints and choices are added to test new theories. Some blur is allowed in the constraints and behaviour because the goal is to prove the efficiency and the usefulness of the theory."

Jérôme-Olivier Ouellet was with GERAD from 2001 to 2004 where he earned his master's from École Polytechnique in applied science with specialization in mathematics under the supervision of Alain Hertz and Michel Gamache. His master's thesis dealt with crew schedule development for airlines, based on graph colouring using a heuristic TABU approach. He was hired by Air Canada in 2005 to be part of the Operations Research Group headed by Jean-François Pagé, another GERAD graduate.

"A company will fine-tune models developed in a university context and adapt them to the company's reality," observes Jérôme-Olivier. "We try to improve the speed, usefulness and user-friendliness of the solution. For instance, a graphic user interface (GUI) must be developed to allow 5000 people to use it wherever they may be. Companies are very interested in what's being done in universities, where theories are being developed and proven.

But the road can be long from the theory to practical use."

Part of the mission of the Operations Research Group at Air Canada consists in staying abreast of what is being done in university research so as to know when an interesting application could be adopted. Specific divisions and departments in a company like Air Canada expect that of such a group, namely finding mathematical methods and models to facilitate and enlighten corporate decision-making and to know when the implementation of a new method represents possible gains.

As regards the issue of links between industry and universities, Jérôme-Olivier Ouellet adds: "When we run into a problem, we often ask our academic friends if a student could study the question and help us solve it. We develop partnerships. GERAD's links with industry are a major advantage that is not always obvious to everybody. It is a way for GERAD to obtain funding. GERAD has always remained shoulder to shoulder with industry. When I was doing my master's, I was always glad to know that the math I was studying would be useful somewhere."

His first project at Air Canada matched the work he did in his master's. For the first two years, Jérôme-Olivier worked on crew scheduling. Air Canada had bought a new system that had to be fine-tuned, implemented, and broken in before being fully brought on line. Now his research is undertaken in response to requests made by corporate divisions seeking to solve problems.



Solving the big city transit puzzle

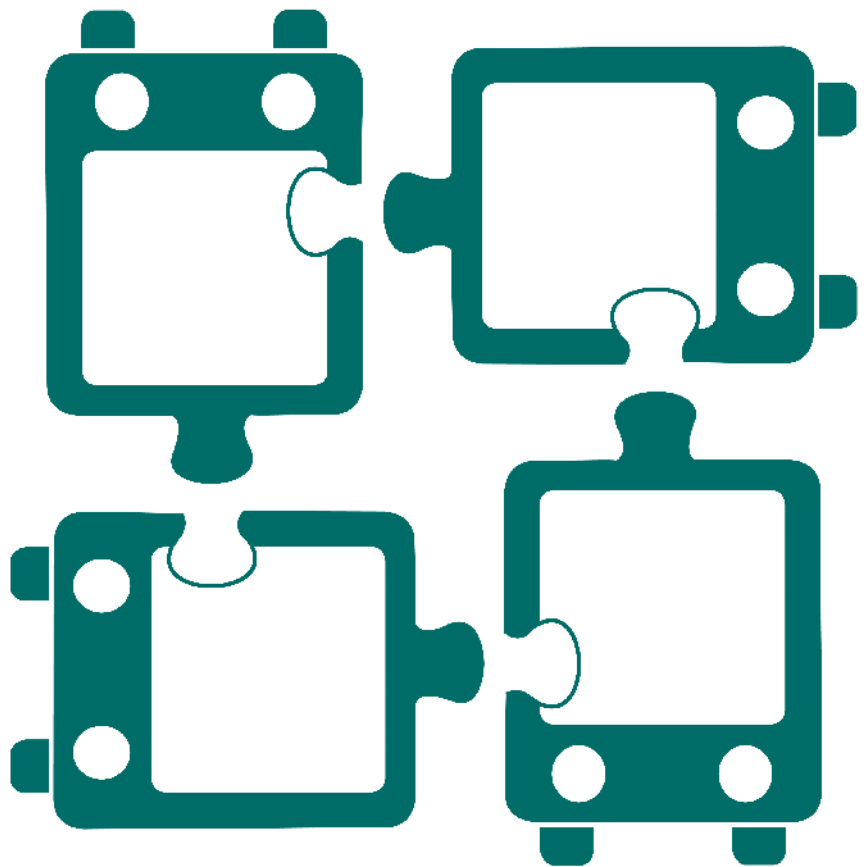
For rapid transit companies in medium and large cities, be it for suburban trains, tramways, or buses, it is virtually impossible to operate today without operations planning and management software packages like the ones developed by the company GIRO.

Éric Gélinas, who did his master's in mathematics at GERAD from 1990 to 1992, heads a group of 25 people at GIRO. His group is responsible for developing HASTUS, a suite of software products destined for public or private transit companies. GIRO has garnered a large share of the world market in this area, selling software packages on all continents. HASTUS is used by more than 250 transit companies in 21 countries.

After doing a master's at École Polytechnique, Éric Gélinas worked for four years as a research professional at GERAD. Under the supervision of François Soumis, he worked on Version 4 of Gencol (column generation) as well as on the development of a Preferential Bidding System for airlines. Then, from 1996 to 2007, he worked for AD OPT, a company serving the airline business, before joining GIRO in 2007. Both GIRO and AD OPT are spin-off companies based on technologies developed at GERAD and recognized throughout the world (See article on Daniel Villeneuve).

"Transit companies make all sorts of decisions," notes Éric Gélinas. "The decisions concern supply of service, the number of vehicles, their use, efficient use of employees, and so on. GIRO uses mathematics to provide tools to help in decision-making on many questions. These tools enable transit companies to reduce costs considerably."

In addition to personnel and vehicle scheduling capabilities, HASTUS enables transit companies to monitor their daily operations. The management of delays, absences, and



employee compensation is handled by the operations portion of HASTUS.

"We produce a new version each year," says Éric Gélinas. "In addition to improvements to products in the suite, an algorithm group ensures that our technologies evolve through innovation and technological watch."

GIRO produces a generic version of HASTUS, but it also produces customized versions to meet customer needs.

According to Éric Gélinas, once a transit company has 200 buses or more, software such as GIRO's is a must. The investment is significant, but there is no doubt that return on investment is also significant.

GIRO and AD OPT are spin-offs based on technologies developed at GERAD

The Caisse de dépôt

Success depends on distribution of assets, which depends on mathematical modeling

Everybody living in Quebec has an interest in seeing the Caisse de dépôt et placement prosper. The Caisse manages the Quebec pension plan. Its assets are close to \$150 billion, points out **Tarek Masmoudi**, who is Investment Policy Research Advisor at the Caisse. Success at the Caisse depends necessarily on correct distribution of assets which, according to the literature, explains 90 percent of the performance of institutional managers. Moreover, asset distribution is based on mathematical modeling. It thus goes without saying that everybody has an interest in having the best mathematical models brought to bear.



Tarek Masmoudi, a GERAD graduate (HEC Montréal), is part of a team of twenty researchers that includes five people working on asset distribution optimization. In May 2006, he defended his doctoral thesis on portfolio management: investment, consumption, and management fee choices in a continuous-time context. Tarek's thesis, under the supervision of Michèle Breton, consists of three articles on portfolio management optimization using dynamic games and stochastic controls.

Over the past fifty years, finance has undergone a major transformation according to Tarek Masmoudi. "At first, finance was not considered to be a scientific concern. It was addressed in a static manner, with the sole goal of maximizing performance. What used to be static has become dynamic and

heterogeneous. This heterogeneity and fluctuations of all kinds must be taken into account and modeled. That explains the interest in using game theory in optimal portfolio management."

The Caisse de dépôt et placement has twenty depositors, mostly pension funds with the largest being Quebec's public sector RREGOP. Each depositor establishes specific goals, usually on a medium and long term horizon. For example, a fund will set performance and earnings goals and specify risk tolerance levels. In addition, it will have constraints to take into account in terms of liquidity requirements on a given timetable. This is where Tarek Masmoudi's team starts working.

"We look at the whole picture. There are eighteen asset categories. Forecast models are developed. Based on this and all the constraints, we model it all and obtain the optimal fund investment distribution."

According to Tarek, portfolio management optimization is a rapidly growing field. "Our goal, our desire, is to develop innovative strategies and then determine whether they should be implemented or not at the Caisse de dépôt et placement."

The tools developed are at the heart of all decisions made by the Caisse in carrying out its mission. It cannot operate without these tools.

Tarek Masmoudi has a project the first signs of which appeared in the fourth article in his doctoral thesis that ended with the following conclusion: "It would be interesting in future research to consider incorporating the value adjusted using a coherent dynamic risk measurement in portfolio optimization models and to see its impact on risk management. "I work a lot on this question and there is much debate about it. Perhaps, one day, the Caisse will adopt these methods."

Mathematical tools for automatic **classification** help meet Basle II accord standards

Citi has over 200 million customers and employs 320,000 people in more than 100 countries. **Alejandro Karam**, who completed his PhD at GERAD in 2005, is Vice President in the Economic and Regulatory Capital Group in Citi's Global Consumer Group. He is currently working on the implementation of a new risk based capitalization system compliant with the Basle II accord. He frequently uses the automatic classification tools studied at GERAD under Pierre Hansen's supervision.

Alejandro Karam left his native Mexico to obtain a master's in Engineering Economic Systems at Stanford University in California. After working in industry and then as an advisor to Mexico's Finance Minister, he went on to pursue his doctorate at HEC Montréal from 2001 to 2005, while also teaching there. Citigroup hired him immediately after he finished his doctorate.

"Automatic classification, an essential tool in data mining, seeks to categorize individuals or objects about which little information is available. There are applications in a wide variety of fields. For instance, automatic classification is used in medicine to distinguish between benign and malignant tumours. In commerce and finance, it is used to distinguish good customers from bad ones, and fraudulent transactions from legitimate ones. Automatic classification is at the heart of modern management of all financial institutions," adds Alejandro.

The basic idea underlying the Basle II accord is to establish risk sensitive capitalization in the banking system. Authori-

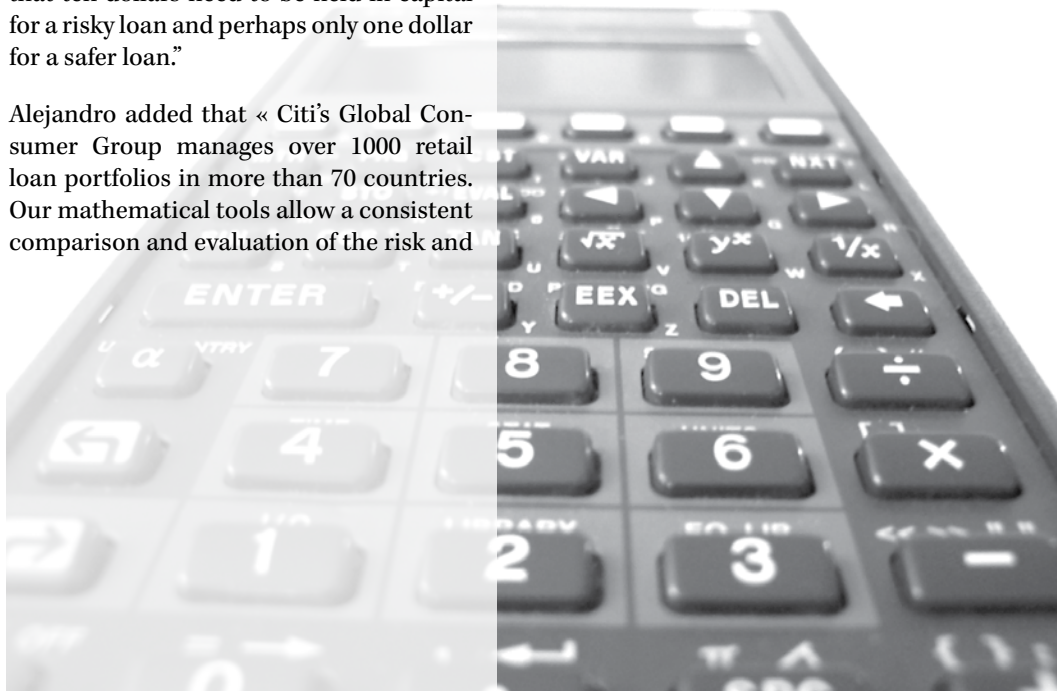
ties in charge of financial supervision from all over the world agreed upon a series of common standards for risk management in banks and, particularly, to determine their minimum capital requirements. Alejandro's team is working to implement the new Basle II compliant system by January 2008.

"In a nutshell, this means allocating an amount of capital that corresponds to an exposure's risk level. For example, the current system requires that for every \$100 of a mortgage loan, a minimum of four dollars is set aside, no matter who the customer may be and where the property is located, be it in Rio de Janeiro or London. The capital requirement is not a function of risk. Mathematical methods, particularly automatic classification, will enable us to determine a level of capitalization that corresponds to the real risk. In the example of the \$100 mortgage loan, we could find that ten dollars need to be held in capital for a risky loan and perhaps only one dollar for a safer loan."

Alejandro added that « Citi's Global Consumer Group manages over 1000 retail loan portfolios in more than 70 countries. Our mathematical tools allow a consistent comparison and evaluation of the risk and

performance of these portfolios. This will provide investors, senior bank managers, and regulatory authorities the perspective needed for sound decision-making."

What is the relationship between a major banking institution like Citi and academic research? Alejandro Karam notes that, although his team's work leverages published academic research, there is little direct interaction with academia. "We have not exploited the potential for joint research and development, but interesting opportunities exist."



IN : accurate measurement of media and marketing effectiveness OUT : a finger in the wind

Mathematics is revolutionizing marketing, which is sometimes erroneously looked upon as a soft discipline. That is the conclusion that comes to mind after a conversation with **Ramla Jarrar**. Ms Jarrar did her doctoral thesis under the supervision of Georges Zaccour on the application of dynamic game theory to competitive duopolistic markets, and defended it in October 2004.

Ramla Jarrar has lived in London since November 2004. After teaching in the MBA program at Greenwich University, she was hired by the OHAL Group, the leading European marketing and advertising agency that is specialized particularly in optimizing marketing and media effectiveness.

"In short, we accurately measure advertising effectiveness. Using mathematical models, we measure our customers' return on investment in marketing and advertising: has an ad worked? Are ads on a particular television channel producing good results? The customer purchases data from various sources, including Nielsen which is the best known source. We use the data to model the whole picture and we are able to propose another way to distribute advertising budgets to optimize media performance. It is what some call 'hard core' optimization," notes Ramla Jarrar, who was reached in Tunisia.

Demand for econometric services applied to marketing is growing steadily, adds Ramla. In order to meet that demand, the OHAL Group, who pioneered such services, is constantly recruiting specialists with advanced education.



"High-power math in marketing enables customers to make decisions with a complete and accurate picture of the situation. In the past, some people put a finger in the wind and decided. That method obviously involved a serious risk of error."

Moreover, she has encountered cases in which the customer got a real surprise from research results that ran counter to longstanding accepted ideas about advertising. "These customers realized that they had wasted a lot of money. They were spending some £50 million a year in advertising that was totally ineffective. Mathematical modeling and optimization help to fine-tune the analysis of results and to save a lot of money. With all the data available now, we are able to identify successful ads, those that lead to sales, and also identify those that flop. Without these modern methods, advertising was a guessing game, since human behaviour is always difficult to pin down accurately. But data alone is not the full solution. What can be done

with an ocean of data when there is no solid proven methodology to make heads or tails of it all?"

Talking about oceans of data brings to mind data mining, which is an approach that consists namely in making heads or tails of it all. "Data mining is also used, but mainly upstream in the process," Ramla points out. "With data mining methods and massive data bases, we can find points to help customers understand market phenomena, such as behaviour that varies with gender, level of education, residence location, and so on."

Is this a discipline of the future? Ramla Jarrar strongly believes so. Customers see that it is worth using these methods since it is possible to pinpoint problems and identify cause and effect relationships, namely an ad and its impact in terms of sales. She adds that her education at GERAD – a PhD from a renowned school (HEC Montréal) under an equally renowned supervisor – prepared her well for this type of work.

28 million customers, 58 nuclear generating stations represent a real **puzzle**. Long live quantitative methods!

“Whatever the industry, tools based on quantitative methods will be more and more in demand to help in decision-making,” insists **Guillaume Dereu**, who is now a researcher in the Research and Development Division of EDF (Électricité de France), Europe’s number one electricity generator. “No supplier however could make powerful enough tools to do the work required by EDF. The company has no other choice but to develop its own tools.” That probably explains the size of EDF’s R & D division, which has some 2000 people working in very diverse fields, including mathematics in decision-making.

Guillaume was a student at GERAD from 2003 to 2005 during which he earned his master’s at École Polytechnique in April 2005. His research involved the comparison between a column generation research method and a TABU search method for solving the multiple depot vehicle scheduling problem and was supervised by Guy Desaulniers and Alain Hertz. “My research dealt with the application of two very different methods for solving the same problem in transportation. However, there are direct applications possible both in rapid transit and in civil aviation.”

Guillaume is a good example of the versatility of mathematics in decision-making and is currently working on power station planning and management on the medium term, namely 1 to 5 years – short term is the next day while long term is five to forty

years, be it for electricity generation or transportation. “At first, I worked on transportation problems, but the algorithm portion is very similar for both electricity and transportation. Supply and demand are modeled so as to optimize generating facility management. Liberalization of the electricity market in Europe has totally transformed generating plant management. We have to choose between two options: to buy or to generate electricity and when. Before the goal was to minimize costs, now it is to maximize revenues.”

It should be noted that EDF has many nuclear power stations along with hydro-electric facilities accounting for about eight percent of total generation. Guillaume notes: “At the research centre, for instance, decision-making tools are developed to determine the optimal way to manage nuclear station shutdowns for reloading. Each nuclear facility must shut down for two months every eighteen months. With a winter peak like Quebec, shutdowns must be avoided in winter. In addition, work crew constraints must be taken into account. We want to maximize the availability of these power stations when the price is the highest, while maintaining generation costs as low as possible.”

All electricity generators with diversified facilities must arbitrate as to the best time to use the different energy sources to meet demand. To model the balance

between supply and demand, a value must be given to water in the reservoirs – a fluctuating value – to make it possible to arbitrate between immediate or deferred use, between use in summer or winter, and to determine fuel requirements.

Guillaume points out that new constraints are arising, such as emissions levels. “Small tools are developed that are grafted onto the main tools to take into account emission of pollutants. But because of the major role of nuclear energy at EDF, the company is less sensitive to these constraints than other generators.” But another question arises: will new models developed take into account the possible revenues accruing to clean electricity generation, namely without carbon emissions?

According to Guillaume Dereu, the use of quantitative methods could be developed more in large corporations. “There are many areas where they could be used, but I find that it is not being developed quickly enough.”

Analysing the business **risk** of the good and bad weather

Claude Berger is a specialist in integrated business risk management in the Financial Planning and Business Risk Integration Department at Hydro-Québec. His relationship with GERAD dates back to the founding of the centre in 1980, following his masters at the Université de Montréal's computer science and operations research department. Alain Haurie, who founded and headed GERAD, hired Claude to work on the MARKAL model, and Claude stayed with GERAD for eighteen years. During that time, he did his PhD under Richard Loulou and François Soumis. He devoted his last two years at GERAD to development of the EUGENE model for municipal solid waste management. This work on the MARKAL and EUGENE models, used mainly in the energy and environment fields, prepared him well for the next stage of his career.

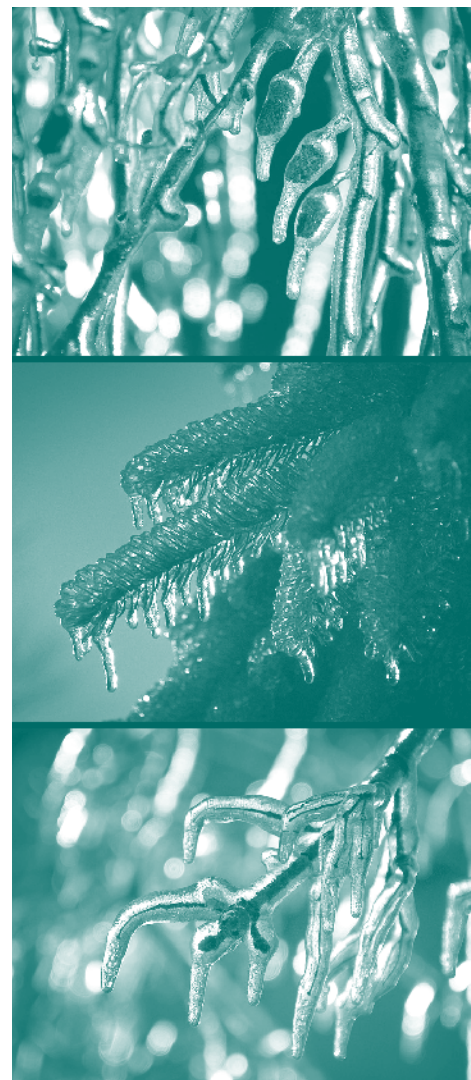
In June 1998, six months after the huge ice storm, Claude made the jump to industry, joining the new unit Hydro-Québec's board of directors had created to regularly evaluate the business risks. Despite appearances, the ice storm that sorely tested Hydro-Québec – and all of Quebec – was not instrumental in the decision to create a unit dedicated to monitoring business risks. In fact, the decision had been made at the end of 1997.

“Evaluating business risks in a company like Hydro-Québec goes well beyond the straightforward management of financial risks or other risks encountered by companies,” observes Claude Berger. “There are an enormous number of random variables to be considered. For example, hydro power accounts for 95 percent of Hydro-Québec's generation. Runoff and temperature

can vary drastically from one year to the next, and thereby influence the quantity of energy available and consumption levels. What will the impact of these variations be on revenues? There is also the risk of error in forecasting demand as well as volatility of prices on external markets, which can double, triple and more in a question of hours. How should resources be managed, bought, and sold so as to protect the company from these variations?”

Other less mathematical constraints come in to play also. Although North America's electricity market has been deregulated, all distribution and transmission-related activities are regulated by Quebec's energy board, the Régie de l'Énergie, notes Claude. The same applies for what is known as the distributor's “post heritage supply”. Since the Régie's decisions evolve from year to year and are thus hard to predict, a regulatory risk is also present making it difficult to consider horizons beyond one year. Would this be an area in which game theory could be helpful?

Prior to deregulation of North America's electricity markets, the options for managing hydroelectricity resources were much fewer in number. When Hydro-Quebec had surplus energy (i.e., too much water in the reservoirs), the utility phoned neighbouring utilities in other markets in Canada or the United States. These utilities could purchase the surplus electricity at very low prices since Hydro-Québec's choice was either to sell or to spill. Now, it is both simpler, because of the existence of organized short-term markets, and more complex, because of the market rules and the extreme price volatility. However, it is also more profitable. This area provides a major challenge in the application of mathematical methods for optimizing resource management: how should the company



manage its reservoirs, generation facilities, and external market transactions in a context in which the long and the short term are constantly intermingling?

“Quantitative analyses are used to evaluate the impact of the risks considered on corporate net earnings and the probability of meeting or exceeding the net earnings targeted, which is a highly appreciated result in the eyes of senior management. These analyses are conducted for each new

business plan as well as for follow-ups performed twice a year. Every two years, we go through the same exercise when the new five-year strategic plan is drafted, however, the results are only published in the official document for the median year in the strategic plan.”

Evaluations are performed using Monte Carlo simulation methods with an integrated risk model that relies on simple optimization models for each of the scenarios evaluated. This model, to which another GERAD graduate Denis Lavigne contributed in the years following creation of the unit, has evolved tremendously with time. Regulatory and organizational changes bring their share of modifications to the model.

“Moreover, in a large company like Hydro-Québec,” adds Claude, “a major challenge consists in obtaining the relevant data and information that will allow us to update and perfect our analyses. Since business risk analysis is a relatively new field, business units still tend to treat us like other corporate units and transmit us their final results which are not easily usable in our models. We therefore have

to cut corners sometimes. Other obstacles include Hydro-Québec’s functional separation resulting from creation of divisions and the existence of a code of ethics limiting communication among divisions so as to ensure the transparency of the tendering process.”



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

bulletin@gerad.ca

Editor

Robin Philpot

rphilpot@sympatico.ca

Translation

Robin Philpot

Graphic Design

HEC Montréal

Legal deposit: 4th quarter 2007

Bibliothèque nationale du Québec

Reproduction authorized with
acknowledgement of source.