

Bulletin

Groupe d'études et de recherche
en analyse de décisions

GERAD

MÉTHODES QUANTITATIVES À HEC MONTRÉAL : d'un pôle d'enseignement à un pôle d'expertise



« Les méthodes quantitatives sont importantes pour trois raisons, explique Jean-Marie Toulouse. D'abord, HEC Montréal forme des spécialistes de la gestion. Il est primordial pour un gestionnaire de savoir quantifier, mesurer, estimer, et surtout de comprendre ce que signifie un chiffre. Dans la même veine, les méthodes quantitatives apportent une logique et une rigueur propres. Les étudiants développent ainsi un esprit d'analyse et de logique qui leur servira toujours. »

« Deuxièmement, HEC Montréal offre une formation double, autant professionnelle que scientifique. Cette formation repose sur 4 éléments : les mathématiques, les sciences humaines, l'économie et la comptabilité. Même si les connaissances dans chacun de ces domaines évoluent à une vitesse inouïe, les diplômés auront obtenu une bonne formation en méthodes quantitatives, qui ne vieillira pas trop vite, de sorte qu'ils pourront comprendre et décoder les nouvelles applications et les nouveaux outils pendant des années après qu'ils quittent HEC. »

Outre ces deux aspects visant à créer ce qu'on pourrait appeler une tête de gestionnaire bien faite, la recherche opérationnelle et les méthodes quantitatives sont

Suite de **Méthodes** à la page 2...

bulletin@gerad.ca

SOMMAIRE

Nouvelles brèves	2
Le futur proche en télécommunications	3
Pierre L'Écuyer : Quand la volonté prend le dessus sur l'incertitude	5
Gilles Savard : La tarification au-delà du pifomètre	7

... suite **Méthodes.**

devenues un pôle d'expertise ayant un effet multiplicateur pour HEC Montréal. Monsieur Toulouse note que HEC compte maintenant un nombre important de grands spécialistes dans le domaine. « *Ce sont des gens de classe mondiale qui ont trouvé ici le lieu d'épanouissement professionnel dans leur domaine de spécialisation; et nous sommes très heureux qu'ils soient ici. Ils sont le témoin que l'on peut être à la fine pointe de la science et se sentir tout à fait à l'aise dans une école de gestion. De plus, ils sont des mentors. De nouveaux étudiants qui arrivent à HEC Montréal en pensant à la comptabilité, par exemple, peuvent découvrir, grâce à ces spécialistes, de nouveaux intérêts en mathématiques ou en recherche opérationnelle. Et cela attire d'autres professeurs et chercheurs qui veulent se spécialiser dans des domaines particuliers.* »

Pour illustrer cette troisième raison, Jean-Marie Toulouse décrit comment

il défend lui-même les besoins de HEC alors que certains peuvent se demander à quoi sert l'argent de la recherche dans une école de gestion. « *Quand on regarde les premiers problèmes abordés par la recherche opérationnelle, le transport scolaire, le transport adapté, la gestion des entrepôts, les horaires, on s'aperçoit que ce sont des questions simples; ce qui est difficile, ce sont les réponses. Comment savoir quelle solution est la meilleure? Bref, des questions simples mais qui permettent un grand rayonnement!* »

Il fait aussi remarquer que la présence de grands spécialistes en statistiques et en finance mathématique a permis à HEC d'offrir l'option M.Sc. en Ingénierie financière, qui jouit maintenant d'une réputation mondiale.

La recherche opérationnelle et les méthodes quantitatives sont appelées à prendre de l'ampleur à HEC, prédit Jean-Marie Toulouse, notamment en raison du très grand nombre d'applications. « *Dans plusieurs domaines, on redécouvre l'inté-*

rêt de la modélisation mathématique. On se sert des méthodes quantitatives en management, en gestion de la production, en finance. Si quelqu'un avait dit, il y a 20 ans, que les produits dérivés puiseraient tant dans les mathématiques et la physique, on aurait dit qu'il était un hurluberlu. »

Autre domaine prometteur : l'exploration de données. Monsieur Toulouse y voit un domaine ayant une grande utilité pour une école de gestion comme HEC Montréal. « *À partir de masses de données amorphes, dont les Air Miles sont l'exemple parfait, on sera en mesure d'identifier des traces de phénomène, des comportements de consommateurs, des tendances, qui inspireront les gestionnaires et permettront le développement de produits. Toutes les grandes entreprises possèdent des banques de données immenses dont on connaît à peine le potentiel. Mais pour y voir clair, ça prend des mathématiciens d'envergure. Il s'agit d'un champ d'étude à l'état d'enfance, mais qui va devenir beaucoup plus grand et donner des résultats très intéressants.* » 

NOUVELLES BRÈVES NOUVELLES BRÈVES

ATELIER THÉMATIQUE SUR L'EXPLORATION DE DONNÉES

Il s'est tenu, à HEC Montréal, le 29 mars 2004, un atelier thématique du GERAD sur l'exploration de données (*data mining*). Organisé par François Bellavance et Denis Larocque, l'atelier d'une journée a été un franc succès, comme en témoigne la très bonne participation. Parmi les 133 participants inscrits, on comptait une quarantaine de représentants de 18 entreprises, une quarantaine de professeurs et de chercheurs et 53 étudiants provenant de 12 universités et groupes de recherche.

La journée avait pour objectif de favoriser l'échange entre les entreprises, les professeurs chercheurs et les étudiants de deuxième et de troisième cycle qui oeuvrent dans le domaine de l'exploration de données dans la région de Montréal.

Pendant l'atelier, des représentants de l'industrie ont présenté leur entreprise et ont discuté de problèmes qui nécessitent l'application de méthodes d'exploration de données. D'autre part, les professeurs chercheurs ont présenté leurs intérêts en recherche dans ce domaine, de même que leurs projets de recherche en cours.

En stimulant l'échange d'idées, on espère rapprocher entreprises et professeurs chercheurs intéressés à l'exploration de données de manière à créer un climat propice au développement de projets conjoints. Les étudiants présents ont particulièrement apprécié les occasions de s'entretenir avec des représentants de l'industrie

18 entreprises et 12 universités représentées à l'atelier thématique du GERAD.

NOUVELLES BRÈVES

et s'enquérir des possibilités d'emploi dans le domaine de l'intelligence d'affaires.

Les représentants d'entreprises ayant prononcé une conférence sont : Rob Tyrie d'Angoss, Eusébia Morais de Bell Canada, Marcos D'Urbano de Diagnos, Jacques Beaulieu de la Fédération des caisses Desjardins, David Teman d'Impleo Integration, Jean-Marc Gravel d'Intégrale MBD, Nicolas de Kufirin de Reader's Digest et Julie Houle de SAS.

Côté universitaire, les professeurs suivants ont prononcé une conférence : Charles Dugas de l'Université de Montréal et François Bellavance, Gilles Caporossi, Pierre Hansen, Heungsun Hwang et Denis Larocque, tous de HEC Montréal. Les fichiers *PowerPoint* de ces présentations sont disponibles sur le site (<http://www.gerad.ca/fr/seminaires/ateliers.php>) 



Sous la loupe

Le futur proche en **télécommunications** : comment concilier optimisation, changements technologiques et incertitude?

Contrairement à d'autres champs de recherche opérationnelle, les télécommunications changent à une vitesse hallucinante, tant par le nombre d'utilisateurs et d'applications que par la technologie utilisée.

« *Tout est rapide*, souligne Brunilde Sansò, professeure au Département de génie électrique de l'École Polytechnique, qui dirige l'équipe Télécommunications du GERAD. *Les télécommunications se distinguent des autres champs d'application par la vitesse d'exploitation et par la vitesse des changements. C'est ce qui fait que l'optimisation soit un véritable défi.* »

D'aucuns pourraient se demander pourquoi une équipe dédiée aux télécommunications, ce champ d'activité qui relève si nettement du génie, est attachée au GERAD. En réalité, argue Brunilde Sansò, les travaux que nous réalisons nécessitent non seulement une connaissance poussée des techniques et des protocoles des télécommunications, mais aussi une connaissance approfondie de la modélisation mathématique et d'excellentes habiletés pour le calcul. C'est cet environnement hybride entre le génie, l'informatique et la recherche opérationnelle qui fait la force du groupe.

Comme le remarque André Girard « *Les règles du jeu ont changé depuis la déréglementation des télécommunications. Du temps des monopoles comme Bell, les entreprises consacraient des montants considérables à la recherche. Ça faisait partie de leur mandat. Dans le contexte compétitif actuel, elles se basent sur le court terme et diminuent leur apport en recherche. À long terme cette situation devient inquiétante dans un contexte de restrictions budgétaires*

gouvernementales alors que les télécommunications exigent le long terme. »

André Girard signale, à titre d'exemple, que la durée des programmes stratégiques du Conseil de recherche en sciences naturelles et en génie (CRSNG), principal bailleur de fonds de recherche en télécommunications, est récemment passée de 5 ans à 3 ans. Les montants consacrés à la recherche par le CRSNG et le NATEQ ont baissé de 25 %. Quant aux entreprises,

prendre du recul. Une certaine abstraction est nécessaire, une compréhension des principes. Il suggère que l'on s'inspire de certains pays et compagnies à l'étranger qui, malgré le nouveau contexte compétitif, ont su prendre la relève des monopoles étatiques, maintenant démantelés, et qui financent convenablement la recherche en télécommunications.

« *Il revient aux universités de continuer à bâtir cette infrastructure intellectuelle,*

« *La créativité consiste à intégrer les connaissances de domaines différents.* » – Felisa Vasquez-Abad

elles travaillent généralement sur un horizon de seulement 6 mois à 1 an.

L'environnement des télécommunications est très compétitif et les services sont très variés. Pour éviter des erreurs coûteuses, il faudrait former des gens à

mais elles auront besoin d'argent. Pour conserver sa bonne réputation en télécommunications, le Canada ne peut arrêter de former des gens de haut calibre. »

Dans ce contexte, le GERAD devient ainsi le lieu de rencontre et de



L'équipe Télécommunications du GERAD

regroupement privilégié pour ces professeurs et ces étudiants issus de différents champs et de différents établissements universitaires. Les professeurs membres de l'équipe sont Brunilde Sansò de l'École Polytechnique, André Girard de l'INRS, Énergie, Matériaux et Télécommunications (Université du Québec) et Felisa Vázquez-Abad, du Département d'informatique et recherche opérationnelle de l'Université de Montréal. L'équipe comprend plus d'une vingtaine d'étudiants de niveaux allant de la maîtrise aux études post-doctorales.

« *Quand les étudiants viennent au GERAD, ils apprennent à travailler avec les mathématiques et avec l'informatique, fait valoir Felisa Vázquez-Abad. Ils apprennent beaucoup sur d'autres sujets. Or, tout seul, ni l'informaticien, ni le mathématicien, ni l'ingénieur n'aurait l'occasion de se familiariser avec ces sujets. Le GERAD devient ainsi plus que la somme de ses parties. Après tout, la créativité ne consiste-t-elle pas à intégrer les connaissances de domaines différents?* »

Un problème majeur en télécommunications, mais qui est, par la même occasion, la garantie de l'expansion continue de cette industrie, c'est que les services sont perçus comme des services publics : la population est habituée à s'en servir et s'attend à une performance et à une disponibilité sans faille. De plus, la demande s'accroît rapidement, les recherches techniques créent de nouvelles possibilités et toutes les entreprises veulent offrir de nouveaux services. Il incombe donc aux chercheurs d'être au diapason.

« *Nous travaillons sur le futur proche, pas sur la science fiction,*

note Felisa Vázquez-Abad. Nous étudions les choses qui n'existent pas encore mais qui existeront bientôt. C'est le design de la prochaine génération. »

Cette nouvelle génération doit pouvoir s'ajuster de façon dynamique aux changements économiques et commerciaux. À titre d'exemple, lorsqu'une entreprise lance un nouveau service, elle ne sait pas quand et comment les clients vont utiliser ce service. Ainsi, en gérant le réseau, l'entreprise doit gérer aussi, et surtout,

« *Il faut former les gens à prendre du recul. Une certaine abstraction est nécessaire.* » – André Girard

l'incertitude. Par conséquent, le design doit en tenir compte, ce qui explique la forte utilisation des méthodes stochastiques.

La recherche opérationnelle fournit des méthodes de modélisation pour résoudre les problèmes, dont l'établissement et l'optimisation des meilleures options et l'intégration de contraintes, telles que la qualité de service, la capacité des équipements et les contraintes issues du fonctionnement des protocoles. Elle nous permet par exemple de répondre à des questions telles : Optique ou électronique? Sans-fil, DSL ou câble? Quel choix d'équipement et quels protocoles utiliser?

« *Fondamentalement, nos travaux apportent l'élément réalité aux études purement mathématiques et l'élément optimisation aux études purement techniques,*

Brunilde Sansò. *Nous tenons compte de la réalité du réseau, mais visons un design et une*

gestion plus efficaces et plus économiques. L'objectif en bout de ligne consiste à développer des réseaux de télécommunications plus fiables, plus robustes, moins chers et qui tiennent compte de l'incertitude reliée au déploiement et à la pénétration des nouvelles technologies. »

Les professeurs Brunilde Sansò, Felisa Vázquez-Abad et André Girard sont particulièrement fiers de ce qu'ils appellent en souriant « la messe du vendredi au GERAD ». Une fois par semaine, les

professeurs et étudiants de l'équipe sont convoqués de 10 h à 11 h à une sorte de table ronde où, comme pour un congrès scientifique, les étudiants présentent leurs travaux et répondent aux questions et aux doutes de leurs pairs. C'est à ce moment que l'on tire le maximum d'avantages de la convergence des disciplines.

« *Cette messe n'est pas seulement pédagogique, insiste Felisa. En télécommunications, on travaille pour obtenir des résultats. La "messe" nous permet de vérifier nos travaux et nos idées pour savoir si nous sommes dans la bonne voie. Personnellement, j'ai hâte aux réunions de vendredi. On sort des idées. On peut enfin penser. On reçoit les critiques des pairs pendant les travaux, et non pas à la fin.* »

Il existe d'autres groupes de recherche en télécommunications au Canada, mais Brunilde Sansò considère que l'équipe du GERAD est unique au Canada, à cause notamment du type de recherche réalisée, de l'excellente interaction entre chercheurs et étudiants et de son caractère inter-universitaire. **G**



Pierre L'Écuyer

Quand la volonté prend le dessus sur l'incertitude !

Probabilisme et volontarisme ne semblent pas, à première vue, compatibles. Pour le probabiliste, l'esprit humain ne peut parvenir qu'à des propositions probables alors que, pour le volontariste, vouloir c'est pouvoir. Or la vie et la carrière de Pierre L'Écuyer sont la preuve éclatante de leur compatibilité – et de leur créativité.

Pierre L'Écuyer était, de son propre aveu, un étudiant moyen en mathématiques. Il est devenu, grâce à sa persévérance, une sommité mondiale en génération de valeurs aléatoires par ordinateur, domaine où l'incertitude et la probabilité font la loi. Même chose en sport, le jeune athlète qui n'arrivait pas à percer en aucun sport dans les années 1960 et 1970, est devenu, grâce à son acharnement, champion canadien de cyclisme sur route dans la catégorie d'âge des 50 ans et plus, défiant parfois les lois de probabilité en gagnant des courses malgré une chute ou une crevaison.

« J'essaie de montrer à mes étudiants que, pour la science, comme pour le sport, la persévérance et l'acharnement sont souvent plus importants que le talent brut, de souligner Pierre L'Écuyer. Peut-être, ce qui me distingue, c'est mon entêtement : tant que je crois qu'il existe une possibilité de solution à un problème, même infime, je ne vais pas laisser tomber. »

La génération de valeurs aléatoires consiste, en gros, à imiter des phénomènes aléatoires indépendants sur ordinateur, alors qu'il n'y a rien d'aléatoire dans un ordinateur. Les méthodes mathématiques ainsi développées sont incorporées dans les logiciels. *« À l'heure actuelle, parmi les 10 ou 15 meilleurs au monde dans ce domaine, observe Pierre L'Écuyer, la plupart travaillent principalement sur la théorie, sur les aspects mathématiques. Ceux qui développent des logiciels connaissent habituellement moins bien la théorie.*



Donc, ils implantent des méthodes moins robustes et parfois (dans Excel par exemple) de très piètre qualité. La force distinctive de mon groupe de recherche, explique-t-il, c'est que nous sommes parmi les leaders mondiaux autant du côté théorique que du côté de l'implantation. Nous sommes le seul

groupe à couvrir aussi bien tous les aspects, de A à Z. »

Pierre L'Écuyer a un projet à moyen terme qui lui tient particulièrement à cœur. *« Mon but est d'écrire le livre qui sera la référence dans ce domaine pour au moins les 20 à 30 prochaines années. En*

Tout ce qui réunit incertitude et simulation profitera des découvertes en génération de valeurs aléatoires.

tant que scientifique, lorsqu'on avance dans sa carrière, on doit se poser la question : quelle est la contribution la plus importante et la plus utile à faire compte tenu de notre situation présente? Pour moi, ce serait la rédaction d'un livre de référence de haut niveau sur la génération de valeurs aléatoires uniformes. Des collègues de par le monde me le rappellent souvent et trois maisons d'édition m'ont déjà contacté à cet égard. »

Qu'attend-il pour le faire? « J'ai déjà commencé la rédaction il y a quelques années mais j'ai du mal à y progresser ces temps-ci à cause des trop nombreux projets que je mène en parallèle. Ma vie scientifique est tout simplement trop intéressante! »

Pierre L'Écuyer pense pouvoir s'y remettre bientôt et terminer le livre d'ici deux ans. Il s'agit d'un projet de grande envergure impliquant quelques milliers d'heures de travail, incluant le développement de logiciels spécialisés.

Alain Haurie m'a tout appris!

Les méthodes que Pierre L'Écuyer développe sont utilisées partout, pour tout et par tous. Des statistiques à la finance, en passant par la physique, la chimie, les sciences actuarielles, les sciences computationnelles, les sciences sociales et comportementales, les télécommunications, les jeux par ordinateur, les machines de loteries dans les casinos, bref, tout domaine qui réunit incertitude et simulation peut bénéficier des découvertes en génération de valeurs aléatoires par ordinateur. Et la demande va toujours croissant.

Pierre L'Écuyer cite les télécommunications en exemple. Tout sur un

réseau de télécommunications se passe à une vitesse fulgurante. La simulation de l'activité est donc moins vite que la réalité : simuler un mois d'activité sur un grand réseau par logiciel sur ordinateur pourrait prendre dans certains cas des millions d'années! À moins d'améliorer l'efficacité de la simulation par des méthodes mathématiques et réduire ainsi le temps requis. Voilà l'un des objectifs de ses recherches.

Une autre application relativement pratique est celle de la gestion optimale des centres d'appel de Bell, projet sur lequel Pierre L'Écuyer travaille depuis 2001, de concert avec Pierre Hansen. Grâce à la notoriété et à la réputation du GÉRAD, Bell a confié aux chercheurs la modélisation des centres d'appels.

« La partie scientifique consiste notamment à modéliser les éléments aléatoires des centres d'appel, note-t-il. On développe des algorithmes pour optimiser les décisions concernant le nombre d'agents à placer dans le centre à chaque heure du jour, les horaires de travail, l'ordre de priorité des appels, les règles d'aiguillage d'appels, le partage du travail entre appels entrants et appels sortants. En bout de ligne, on produit des modèles simplifiés et d'autres plus réalistes mais plus complexes. Un peu comme dans une boîte à outils, il faut des outils de différents types, selon les besoins. Plus grande est la variété des outils, plus on a de chances d'en trouver un qui convienne bien. »

Pierre L'Écuyer se décrit comme un pur produit du GERAD, ayant réalisé son doctorat au GERAD sous la direction

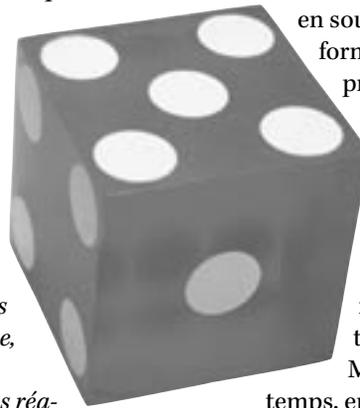
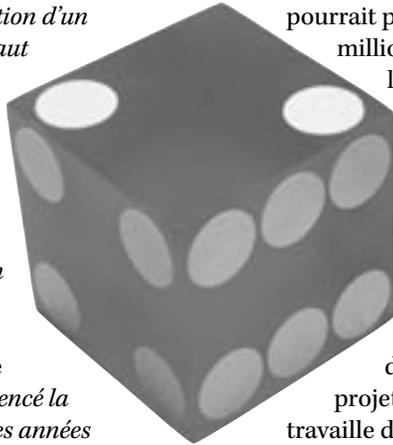
d'Alain Haurie au moment où celui-ci a fondé le groupe de recherche. À tout seigneur, tout honneur : « Alain Haurie m'a tout appris, affirme-t-il. Sans lui, je ne serais ni professeur ni scientifique. » Mais personne n'aurait pu prévoir le parcours du scientifique cycliste, même avec le meilleur modèle de variables aléatoires.

« Quand j'enseignais les mathématiques au Cégep de Sept-Îles, mon but était d'être entraîneur d'athlètes olympiques (notons qu'il a réalisé ce but en tant qu'entraîneur de Guillaume Leblanc, médaillé d'argent en athlétisme à Barcelone, en 1992). Je voulais retourner aux études en psychologie, mais j'ai finalement fait une demande d'admission en informatique, puis j'ai été admis en ... recherche opérationnelle! J'ai lu alors un **Que sais-je?** pour me faire une première idée sur le sujet. J'avoue qu'en général, comme dans ce cas-ci, le hasard a souvent eu un impact important sur le cours de ma vie. »

Questionné à savoir s'il appliquait ses connaissances en optimisation à l'entraînement sportif, Pierre L'Écuyer répond en souriant : sans le faire de façon formelle, on apprend à établir les priorités et objectifs en entraînement, à mieux connaître ses forces et faiblesses et à optimiser le temps consacré à l'entraînement. Personne ne se surprendra donc d'apprendre que son optimisation informelle l'amène à se rendre tous les jours à l'Université de Montréal, beau temps mauvais temps, en vélo (environ 50 km par jour).

Une grande partie de son entraînement se fait aussi sur vélo stationnaire, devant un lutrin : « J'appelle ça ma machine à lire les articles. » Autrement, comment faire pour rouler au moins 400 km par semaine, tout en poursuivant ses recherches et en s'occupant de sa jeune famille?

G



Gilles Savard

La tarification au-delà du pifomètre

Quelle entreprise ne sauterait pas sur une idée qui lui permettrait d'augmenter ses revenus de 1 à 2 % seulement en travaillant sur la tarification de ses produits ? Cela ne relève pas de la magie, dit Gilles Savard, membre du GERAD et directeur du Département de mathématiques et génie industriel – mieux connu, ironiquement, par son acronyme MAGI – mais bien de modèles mathématiques qui sont, tout de même, assez difficiles à résoudre.

« La tarification sera, dans les années à venir, ce qu'auront été l'ordonnancement et la gestion des horaires (scheduling) il y a 20 ans, prédit Gilles Savard. L'établissement des prix par les entreprises se fait encore de façon artisanale, au pif. On attache une valeur à beaucoup de choses sans vraiment avoir une idée précise de cette valeur. Aujourd'hui, on a les outils qui permettent de s'attaquer à ce problème, caractérisé notamment par le très grand volume de données. »

L'un des ces outils, qui fut le sujet de la thèse de doctorat de Gilles Savard en 1989, est la programmation mathématique à deux niveaux. En gros, il s'agit d'un programme mathématique où un sous-ensemble des variables est contraint à être la solution d'un autre programme mathématique paramétré par l'autre ensemble de variables. À titre d'exemple, une entreprise vise à maximiser ses revenus en tenant compte de la réaction du marché à ses prix. Ses revenus sont le produit du prix multiplié par la quantité achetée. Or la quantité achetée, elle, dépend d'un modèle d'équilibre ou d'optimisation, à grand volume de données, qui représente le marché.

Ces travaux sur la tarification, réalisés au GERAD et au CRT par Gilles Savard, Patrice Marcotte et des collègues, sont d'un grand intérêt, particulièrement pour le transport aérien et ferroviaire et les

La tarification sera ce qu'auront été l'ordonnancement et la gestion des horaires il y a 20 ans.

télécommunications. Parmi les entreprises ayant passé des contrats de recherche figurent Air Canada et le transporteur ferroviaire français SNCF. Mais Gilles Savard est convaincu que l'intérêt ira en grandissant dans des domaines aussi variés que la location de voitures, l'hôtellerie, les croisières, la gestion d'autoroutes à péage et bien d'autres.

Motivés par cette conviction, et par le développement de ce qu'ils considèrent comme le bon modèle, Gilles Savard et ses collègues, à Montréal et en Europe, s'appêtent à lancer une entreprise pour commercialiser des logiciels de tarification. Si tout va comme prévu, cette entreprise, ExPretio, aura pignon sur rue à Montréal en 2005 – le nom vient du mot latin pour « au-delà des prix ». Les démarches de déclaration d'invention et de négociation des droits de propriété intellectuelle sont en cours. Outre Gilles Savard, les fondateurs sont notamment Patrice Marcotte et Jean-Philippe Côté de l'Université de Montréal, Luce Brotcorne de l'Université de Valenciennes, en France, et Martine Labbé de l'Université libre de Bruxelles.

Gilles Savard ne sous-estime pas le défi posé par la commercialisation de modèles mis au point dans un milieu

ExPretio aura pignon sur rue à Montréal en 2005.

universitaire, lui qui a passé un an chez Ad Opt Technologies, entreprise essaimée par l'équipe Gencol du GERAD (voir Vol. 1, n° 1). Il sait que, en haute technologie, seulement une nouvelle entreprise sur 10 réussit à percer.

« Le modèle que nous avons mis au point est une représentation fidèle de la

réalité mais elle est difficile à résoudre sur des problèmes de taille réelle. Donc, il faut constamment travailler sur le côté algorithmique du problème. La part du modèle représente environ 25 % du produit commercial final, alors que la commercialisation compte pour 75 %. Toutes ces tâches de raffinement du produit, de mise en marché,



de vente, de service et de dépannage doivent être confiées à d'autres. Les professeurs et chercheurs ne sont pas les meilleurs pour cette partie du travail. »

Quoi qu'il aime la gestion – il a récemment reçu un deuxième mandat à titre de directeur du Département de mathématiques et génie industriel à Polytechnique – Gilles Savard n'a pas l'intention de troquer son chapeau de chercheur pour celui d'entrepreneur privé... du moins pour le moment. « Mais je ne ferme la porte à rien! »

Le GERAD et le CRT représentent la plus importante concentration de chercheurs opérationnels au monde!

Malgré sa charge à Polytechnique, il consacre deux jours par semaine exclusivement à la recherche, dont un jour à son bureau au GERAD.

« *Je retire beaucoup de plaisir de la recherche et du travail d'équipe qu'offrent les centres de recherche comme le GERAD et le CRT, qui, fait-il remarquer, représentent la plus importante concentration de chercheurs en recherche opérationnelle au monde! Plus que MIT! En recherche, on a une grande liberté académique. Ça nous permet de réfléchir. Et ça nous motive énormément, surtout de voir les jeunes réussir leurs projets de recherche aux cycles supérieurs.* »

Cette relation qui s'établit entre un chercheur d'expérience et les aspirants scientifiques, qui ressemble à celle du maître et de son apprenti, Gilles Savard l'a vécue lorsqu'il était étudiant sous la

direction d'Alain Haurie et de Richard Loulou, fondateurs du GERAD. Il insiste sur l'importance de cette relation dans la formation et le développement de nouveaux chercheurs et de nouvelles idées. « *C'est Alain Haurie qui m'a fait tomber en amour avec la recherche. Autrement, je me dirigeais vers une carrière en sciences appliquées.* »

En effet, Gilles Savard avait commencé, au niveau doctorat, à faire de la modélisation énergétique en vue de permettre à des entreprises de pâtes et papiers de tirer profit de la cogénération et de respecter la réglementation. En poussant la recherche, il a découvert que l'algorithme qu'il prévoyait utiliser était inexact, ce qui l'a amené à mettre au point un nouvel algorithme. C'est à ce moment qu'il a commencé à se spécialiser dans le développement

algorithmique, plutôt qu'en applications.

Fort de cette expérience, Gilles Savard conclut que les centres de recherche fournissent un environnement idéal, essentiel même, pour démarrer les carrières de jeunes chercheurs et assurer la persistance d'un haut niveau de recherche. La collaboration avec d'autres, le partage des ressources, l'approche collégiale, la notoriété des centres sont autant d'atouts qui risquent d'échapper aux chercheurs ou aux professeurs qui sont isolés. « *Les professeurs, que nous le voulions ou non, sont comme de petites entreprises en concurrence pour attirer les subventions de recherche, les meilleurs étudiants, etc. Les centres de recherche nous aident à travailler en équipe et tout le monde y gagne.* »

Partisan du travail d'équipe en recherche, Gilles Savard a de la suite dans les idées. Ce qui explique probablement pourquoi il a formé une équipe de soccer du GERAD, qui, elle aussi, a une très bonne réputation. 



Les tarifs ne seront plus déterminés au gré du vent.

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 : 2^e trimestre 2004
Bibliothèque nationale du Québec

Reproduction autorisée avec mention
de la source

Newsletter

Groupe d'études et de recherche
 en analyse de décisions

GERAD

QUANTITATIVE METHODS AT HEC MONTRÉAL: a teaching subject becomes a major area of expertise



Operations research and quantitative methods in general have gone from being teaching subjects to a major area of expertise over the past 25 years at HEC Montréal, which is now among the top institutions in this field in Canada, and throughout the world. The GERAD Newsletter asked Mr. Jean-Marie Toulouse, Director of HEC Montréal, how he sees the role and the future of these disciplines in overall management education.

“Quantitative methods are important for three reasons,” explains Jean-Marie Toulouse. “HEC Montréal trains specialists first and foremost in management. It is imperative for a manager to know how to quantify, measure and estimate, and above all to understand what a figure means. Similarly, quantitative methods have their own rigour and logic. Students thus develop analytical and logical minds that will be useful for them throughout their careers.”

“Secondly, HEC Montréal provides both a professional and a scientific education, based on four fundamental components: mathematics, humanities, economics, and accounting. Even though knowledge in each of these areas is expanding at lightning speed, our graduates will have obtained an excellent training in quantitative methods that will not age quickly, so that they will be able to decipher and understand the new applications and tools for years after they have left HEC.”

Over and above these two aspects aimed at offering future managers a well-rounded education, operations research and quantitative methods have become a significant area of expertise with a multi-

Please see **Methods** on page 2...

bulletin@gerad.ca

SOMMAIRE

GERAD update	2
Next generation telecommunication systems	3
Pierre L'Écuyer – How willpower can beat uncertainty	5
Gilles Savard – Pricing: beyond a finger to the wind	7

... **Methods** from page 1.

plying effect for HEC Montréal. Mr. Toulouse notes that HEC now boasts a considerable number of high-level specialists in this field. "These are people with world-class reputations that have found a niche here to pursue their scientific research. We are very glad to have them among us. It bears witness to the fact that people can be at the top of their field in science, and still feel perfectly at ease in a management faculty. What's more, they are mentors. New students coming to HEC Montréal with their minds set on being accountants, for instance, can discover new interests in mathematics or in operations research thanks to these specialists. They also attract other professors and researchers who want to specialize in specific areas of research."

To illustrate this third reason, Jean-Marie Toulouse describes how he personally justifies HEC's requirements when

people ask why research money is needed in a management school. "When you look at the first problems studied here in operations research, such as school busing, handicapped transit, warehouse management, scheduling and so forth, you realize that they are basically simple issues. The solutions of course are very complex! How do you establish which solution is the best? In short, they are simple issues but with amazingly widespread ramifications."

He points out that the presence of renowned specialists in statistics and financial mathematics has also enabled HEC to offer its M.Sc. option in financial engineering, which has since earned an international reputation.

Operations research and quantitative methods are sure to expand at HEC, predicts Jean-Marie Toulouse, mainly because of the large number of applications. "In many fields, people are rediscovering the importance of

mathematical modeling. Quantitative methods are used in management, production management and finance. Twenty years ago, if someone had said that derivative instruments would be drawing extensively from mathematics and physics, they would have been considered dreamers."

Another promising field is data mining. Jean-Marie Toulouse sees it as a crucial area of study for a management school like HEC Montréal. "Using an amorphous mass of data – Air Miles is the perfect example – we will now be able to identify traces of phenomena, consumer behavioural traits and trends that will inspire managers and foster development of new products. All large companies have enormous databases whose potential is barely known. However, it takes high-level mathematicians to make sense of these data. This research is in infancy. It will surely grow and produce very interesting results." 

GERADUPDATEGERADUPDATE

GERADUPDATE

THEMATIC WORKSHOP ON DATA MINING

GERAD held a Thematic Workshop on data mining on March 29, 2004, at HEC Montréal. The workshop, organized by François Bellavance and Denis Larocque, was very successful as shown by the strong participation. Among the 133 registered participants, some forty people represented 18 companies, while another forty professors and researchers and 53 students represented 12 universities or research groups.

The purpose of the full-day workshop was to foster dialogue among companies, professors, researchers and graduate-level students working in the field of data mining in the Montréal area. During the workshop, industry representatives presented

their companies and addressed problems that require data mining methods. Professors and researchers then presented their research interests in data mining as well as their research projects in progress.

By stimulating the circulation of ideas, the GERAD hopes to bring together business people and researchers interested in data mining so as to create a climate that will favour joint development projects. Students in attendance were particularly happy to take advantage of breaks to meet industry representatives and explore employment possibilities in the field of business intelligence.

18 companies and 12 universities represented at GERAD's workshop on data mining.



The business representatives who addressed the workshop were Rob Tyrie of Angoss, Eusébia Morais of Bell Canada, Marcos D'Urbano of Diagnos, Jacques Beaulieu of the Fédération des caisses Desjardins, David Teman of Impleo Integration, Jean-Marc Gravel of Intégrale MBD, Nicolas de Kuftrin of Reader's Digest and Julie Houle of SAS.

The professors who addressed the workshop were Charles Dugas from the Université de Montréal, and François Bellavance, Gilles Caporossi, Pierre Hansen, Heungsun Hwang and Denis Larocque, all from HEC Montréal. *PowerPoint* files of the presentations are provided on the GERAD website: <http://www.gerad.ca/en/seminars/workshops.php>. 



In the spotlight

Next generation **telecommunication systems:** conciliating optimization, technological change and uncertainty.

Unlike other areas of Operations Research, telecommunications change at incredible speed, both in the number of users and applications and in the technology used.

“Everything is fast,” observes Brunilde Sansò, Professor in the Electrical Engineering Department at École Polytechnique and head of the GERAD Telecommunications Group. “Telecommunications stand apart from other disciplines because of the speed of operations and the speed of change. That is why optimization is a real challenge.”

Some people might wonder why a group dedicated to telecommunications, a field so clearly related to engineering, is attached to GERAD. Brunilde Sansò replies that their work requires not only a deep knowledge of all technical aspects and protocols involved in telecommunications, but also a solid base in mathematical modeling and high-level computational skills. It is precisely this hybrid environment that combines engineering, computer science and operations research that makes the group so strong.

André Girard points out: “The rules have changed since telecommunications were deregulated. When the field was run by regulated monopolies like Bell, companies invested large amounts of money in research. That was part of their mandate. In the current competitive environment, they are working on the short term and therefore they limit their contributions to research. This situation is worrisome in the current context of government budget cuts and at a time when telecommunica-

tions require a long-term approach.”

To make his point, André Girard remarks that the strategic programs of Natural Science and Engineering Research Council (NSERC), which is the main source of telecommunications research funds, were recently cut back from five years to three years. The amounts earmarked for research by the NSERC and

are extremely varied. To avoid costly errors, people must be trained to develop an overview, to gain perspective, and to understand the principles. He suggests that certain foreign countries and companies are setting a good example. Despite the new competitive environment, they have filled in the void left when the former monopolies were dismantled, and now

“Creativity is the ability to integrate knowledge from different disciplines.” – Felisa Vasquez-Abad

NATEQ dropped by 25 percent. As regards companies, they usually work on six to twelve-month horizon.

The telecommunications environment is very competitive and services

fund telecommunications research appropriately.

“Universities have to continue to build the intellectual infrastructure, but they will need money. To keep its good repu-



GERAD's Telecommunications Group

tation in telecommunications, Canada cannot stop training and developing high-level people in this area.”

This is why the GERAD becomes the ideal place for professors and students coming from different fields and university settings to meet and join forces. The members of the telecommunications group are Brunilde Sansò from Polytechnique, André Girard from the INRS, Énergie, Matériaux et Télécommunications (Université du Québec), and Felisa Vázquez-Abad of the Université de Montréal’s Operations Research and Computer Science Department. The group also includes more than twenty students from the Master’s to the post-doctorate level.

“When students come to the GERAD, they learn to work with mathematics and computing,” notes Felisa Vázquez-Abad. “They learn a lot about other subjects. If they were working alone, neither the computer scientist, the mathematician nor the engineer would become familiar with all these subjects. The GERAD therefore becomes greater than the sum of its parts. After all, isn’t creativity the ability to integrate knowledge from different disciplines?”

A major problem in telecommunications – but which, at the same time, is a guarantee that the industry will continue to expand – is that the services are perceived to be public services. People are accustomed to having them, and they expect unfailing performance and availability. What’s more, demand is growing rapidly, technical research is creating new possibilities, and all companies want to provide new services. Researchers therefore must always

be on top of their discipline.

“We are working on the near future, not on science fiction,” says Felisa Vázquez-Abad. “We study things that don’t exist yet, but that will exist soon, the next generation.”

These systems must be able to adjust dynamically to economic and commercial changes. For instance, when a company launches a new service, it does not know when and how customers will use the service. The company has to manage

“People must be trained to develop an overview and to gain perspective.” – André Girard

the network, but above all it also has to manage uncertainty. Design of the new generation must take that into account. This uncertainty helps explain why stochastic methods are so widely used.

Operations Research provides the modelling methods to solve fundamental problems such as the establishment and optimization of the best options and the integration of quality of service, equipment capacity and constraints resulting from protocol operations. For example, it enables us to weigh and choose between optics and electronics, between wireless, DSL and cable, and to make equipment, protocol and network management choices.

“Basically, we bring reality to mathematical research and optimization to technical research,” argues Brunilde Sansò. “We take the reality of the networks into account, and target more efficient and economic design and management. Our end goal is to

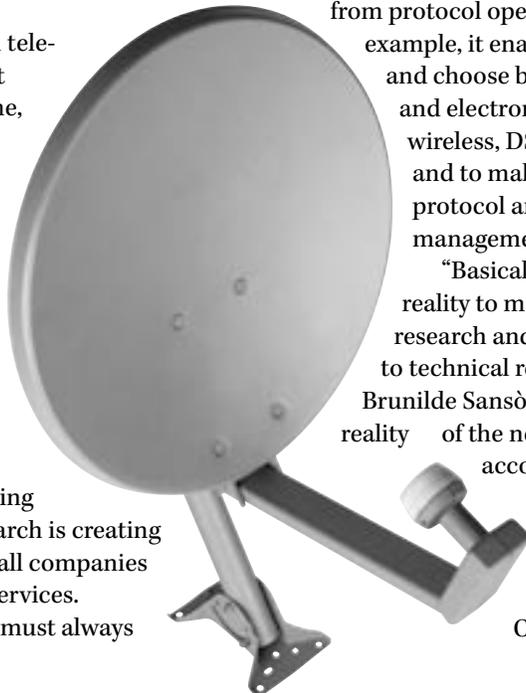
develop more reliable, more robust and less expensive telecommunications systems that take into account the uncertainty involved in the market penetration and rollout of new technologies.”

Professors Brunilde Sansò, Felisa Vázquez-Abad, and André Girard are particularly proud of what they familiarly call “Friday Mass at GERAD”. Once a week, professors and students are invited to a panel between 10 and 11 a.m. during which students present their work and

answer the questions and doubts of their peers, just like at a scientific convention. This is when the greatest advantages are reaped from the convergence of different disciplines.

“The ‘mass’ is not only a pedagogical tool,” insists Felisa. “In telecommunications, we are aiming for results. The Friday ‘mass’ enables us to check our research and our ideas to ensure we are on the right track. Personally, I look forward to Friday. We can advance our ideas, reflect on them, and, at the same time, get feedback and criticism from our peers while the research is underway, not when it’s finished.”

There are other telecommunications research groups in Canada, but Brunilde Sansò believes the GERAD group is unique because of the type of research, the excellent interaction between students and researchers, and the fact it is an inter-university group. 



Pierre L'Écuyer

How willpower can beat uncertainty

Probabilism and voluntarism would appear, at first sight, to be strange bedfellows. The probabilist believes that certainty is impossible and that the human mind only attains probable propositions. The voluntarist, on the other hand, believes that where there's a will, there's a way. Pierre L'Écuyer's life and career are living proof that probabilism and voluntarism are perfectly compatible, and even creative.

Pierre L'Écuyer was, in his own words, an average mathematics student. Thanks to his perseverance, however, he has become a world leader in random number generation using a computer, a field in which uncertainty and probability rule. Similarly, in sports he was a keen young athlete in the 60s and 70s who did not quite make it in any specific sport. Now, because of his determination, Pierre L'Écuyer is the Canadian road cycling champion in the 50 and up age group. To do that, he has sometimes had to defy laws of probability by winning despite a fall or a flat tire.

"I try to show my students that in science and sports, perseverance and hard work are often more important than pure talent," says Pierre L'Écuyer. "Maybe that is what distinguishes me, my stubbornness. When I think there's a chance to solve a problem, even if it is infinitesimal, I'll keep at it."

Random number generation, simply put, involves imitating independent random phenomena on a computer, whereas nothing in a computer is random. The mathematical models developed are then incorporated in software. "At present, among the ten to fifteen top people in the field in the world, most work mainly on the theoretical and mathematical aspects of the problem," notes Professor L'Écuyer. "On the other hand, those who develop



software are usually less familiar with theory, and so they implement methods that are less robust and sometimes of very poor quality, such as the ones in Excel. The distinctive strength of my research group is that we are among the world leaders both in theory and in implementation. We

are the only group that covers all aspects from A to Z."

Pierre L'Écuyer has a medium-term project that he yearns to complete. "My goal is to write the book that will be the authority in the field for the next twenty to thirty years. As an academic whose ca-

Any field involving uncertainty and simulation can benefit from discoveries in random number generation.

reer is advancing, that's the question one should ask: what's the most important and useful contribution considering the current situation? For me, the answer is to write a high-level reference book on uniform random number generation. My colleagues around the world keep reminding me, and three publishers have already contacted me."

So what is he waiting for? "I started writing it a few years ago but I have a hard time these days because of all my other projects. My life as a researcher is simply too interesting."

Pierre L'Écuyer plans to resume work on the book and finish it in the next two years. It's a major undertaking requiring thousands of hours of work and the development of specialized software.

The methods developed by Pierre L'Écuyer are used everywhere, for everything and by everybody! They are used

Alain Haurie taught me everything I know!

in statistics, finance, physics, chemistry, actuarial sciences, computational sciences, social and behavioural sciences, telecommunications, computer games, casino lottery machines. In short, any field involving uncertainty and simulation can benefit from discoveries in random number generation. What's more, demand is bound to keep growing.

Pierre L'Écuyer cites telecommunications as an example. Everything on a telecommunications network goes at mind-boggling speeds. Simulation of that activity is therefore slower than reality. To simulate a month's activity on a large telecommunications network on a computer program could take millions

of years in some cases. Unless of course simulation efficiency can be improved using mathematical methods that reduce the time required. This is one of the goals of L'Écuyer's research.

Another somewhat practical application concerns optimal management of Bell call centres. Pierre L'Écuyer has worked on this project with Pierre Hansen since 2001. Thanks to GERAD's name and reputation, Bell asked the researchers to model its call centres.

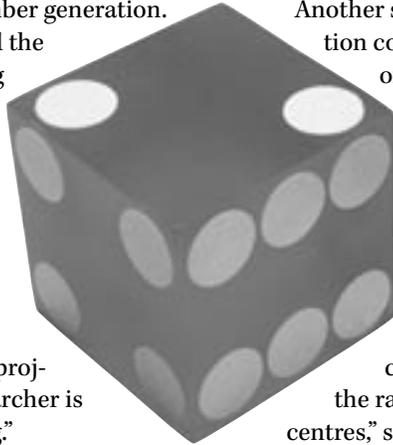
"The scientific portion consists mainly in modeling the random components of call centres," says L'Écuyer. "We develop algorithms to optimize decisions regarding the number of agents required at each time of the day, work schedules, call priority ordering, call directing rules, sharing of outbound and inbound calls, and more. The result is simplified models or other more realistic and more complex models. It's like a toolbox. Different types of tools are required depending on the work to be done. The greater the variety of tools, the more likely it is that one of the tools will suit the job."

Pierre L'Écuyer describes himself as a pure GERAD product, given that he did his doctorate under Alain Haurie who, at that time, was founding the GERAD. Rendering to Caesar what is Caesar's, Pierre L'Écuyer insists: "Alain Haurie taught me everything I know. Were it not for him, I would be neither a professor nor a scientist."

Nobody, however, could have predicted the turns in this cycling scientist's career, even if they had the best random number generation model. "When I was

teaching math at Cegep in Sept-Îles, my goal was to train Olympic athletes. (L'Écuyer achieved that goal by coaching Guillaume Leblanc who won a silver medal in track at Barcelona in 1992.) I wanted to go back to school in psychology, but I finally applied in computer science, and ended up being admitted in... operations research! To find out what that was about, I read a manual from the *Que sais-je?* series. I must admit that, as was the case with that career choice, chance has often had an impact on my life."

When asked if he applied his optimization skills to cycling, Pierre L'Écuyer answered with a smile. Without formally doing so, one learns to establish training priorities and goals, to know one's strengths and weaknesses, and to optimize the time spent on training. It is not surprising therefore to learn that this informal optimization means that he bikes to work at the Université de Montréal, rain or shine (some 50 kilometres a day). Pierre L'Écuyer also gets a lot of reading done on his stationary bike. "I call it my reading machine." Without such optimization, how could anybody cycle 400 kilometres a week, pursue high-level research, and still look after a young family? **G**



Gilles Savard

Pricing: beyond a finger to the wind

What company would not jump at the idea of boosting revenues by 1 or 2 percent just by working on product pricing? That is not accomplished by waving a magic wand, says GERAD member Gilles Savard, but by using the right mathematical model, that is nonetheless difficult to solve. Gilles Savard is also head of École Polytechnique's mathematics and industrial engineering department, better known, ironically, by its French acronym MAGI, for Mathématiques et Génie industriel.

"In coming years, pricing will be what scheduling and rostering were twenty years ago," predicts Gilles Savard. "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 required to tackle this problem characterized mainly by its data-intensive nature."

One such tool, which was the subject of Gilles Savard's doctoral thesis in 1989, is bilevel mathematical programming. In a nutshell, it is a mathematical program in which a subset of variables is forced to be the solution of another mathematical program whose parameters are defined by the other set of variables. For example, a company wishes to maximize revenues by taking into account market reaction to its prices. Its revenues are equal to of the price of one item multiplied by the number bought. However, this latter value depends on a data-intensive equilibrium or optimization model representing the market.

The work on pricing conducted at the GERAD and CRT research centres by Gilles Savard, Patrice Marcotte and their colleagues is of particular interest to the air and rail transportation industries and to telecommunications companies. For

Pricing will be what scheduling and rostering were twenty years ago.

instance, Air Canada and the French rail company SNCF have awarded research contracts to the group. Gilles Savard is convinced, however, that the interest will continue to grow in a wide variety of areas including car rentals, the hotel business, holiday cruises, toll highway management and more.

Because of this solid conviction and the belief that they have found the right model, Gilles Savard and his Montreal and European colleagues are preparing to launch a company to commercialize pricing software. If all goes according to plan, the company, to be called *ExPretio*, will set up shop in Montreal in 2005. The name comes from the Latin meaning 'beyond prices'. Work is underway to register the invention and to negotiate intellectual property rights. The founders, in addition to Gilles Savard, include Patrice Marcotte and Jean-Philippe Côté from the Université de Montréal, Luce Brotcorne from the Université de Valenciennes, in France, and Martine Labbé from the Université libre de Bruxelles.

Gilles Savard has no illusions about how difficult it is to commercialize models developed in an academic setting, hav-

ExPretio will set up shop in Montreal in 2005.

ing already spent a year at Ad Opt Technologies, the spin-off company created by GERAD's Gencol group (see Newsletter, Vol. 1, No. 1). He knows that that only one high-tech start-up company in ten survives and prospers.

"The model developed is an accurate

representation of reality but it is difficult to solve for real-size problems. Therefore, we have to work constantly on the algorithmic side of the problem," says Professor Savard. "The model accounts for about 25 percent of the marketable product, whereas commercialization accounts for some 75 percent. All these jobs involving



fine-tuning, marketing, sales, customer service and repairs must be given to others. Professors and researchers are not the best people for that type of work."

Though Gilles Savard enjoys management – he was recently appointed to a second mandate as head of the mathematics and industrial engineering department manager at Polytechnique – he is not about to leave the university environment to become an entrepreneur... that

The GERAD and CRT represent the largest concentration of operations researchers in the world.

is, not for now. "But I'm not closing any doors," he interjects.

Despite his responsibilities as department head, Gilles Savard devotes two days a week exclusively to research, including a full day at his GERAD office.

"I get a lot of pleasure from research and the teamwork that centres like GERAD and the CRT (Centre de recherche sur les transports) have to offer. These two centres represent the largest concentration of researchers in operations research in the world," he points out. "Even more than MIT! Research provides tremendous academic freedom. It gives us a chance to reflect and it is a tremendous source of motivation, especially when you see young students successfully completing their graduate-level research projects."

The relationship that develops be-

tween an experienced researcher and aspiring academics, resembling that of a master tradesman and his apprentice, marked Gilles Savard's development as he studied under GERAD founders Alain Haurie and Richard Loulou. He insists on the importance of this relationship in the training and development of new researchers and in development of new ideas. "Alain Haurie taught me to love research. Otherwise, I was headed for a career in applied science."

In fact, Gilles Savard started at the doctorate level doing energy models to enable pulp and paper companies to take maximum advantage of cogeneration and to comply with regulations. As he researched the problem, he discovered that the algorithm he intended to use was inexact. That prompted him to develop a new algorithm, and, as a result, he de-

cidated to concentrate on the development of algorithms, rather than on the various applications.

Based on his personal experience, Gilles Savard concludes that research centres provide an ideal and essential environment both for young researchers to begin their careers and for the pursuit and maintenance of a high-level of research. The assets of research centres that escape professors and researchers working individually include collaboration with others, sharing of resources, teamwork, reputation and much more. "Whether we like it or not, professors are like small firms competing with each other for research grants and for the best students. Research centres help us to work together, and everybody stands to gain."

As a fan of teamwork in research, Gilles Savard cannot be accused of being inconsistent. He also founded the GERAD soccer team that, like the research centre, also enjoys an excellent reputation. **G**



Pricing will no longer be a guessing game.

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: second quarter 2004
Bibliothèque nationale du Québec

Reproduction authorized with
acknowledgement of source.