

Bulletin

Groupe d'études et de recherche
en analyse de décisions

GERAD

Pleins feux sur l'automatique et l'optimisation au GERAD

Le Bulletin présente cinq chercheurs du GERAD qui s'intéressent à une branche des mathématiques qui joue un rôle important dans toutes les branches du génie, et par ricochet dans notre vie quotidienne, l'automatique.

El-Kébir Boukas, Peter Caines, Roland Malhamé, Michel Perrier et Shie Mannor partagent plusieurs attributs. Ils sont tous à la recherche de lois optimales, sinon acceptables, pour piloter leurs divers dadas, que ce soient des ateliers, des procédés chimiques, des systèmes de communications ou autres machines. Ils ont tous largement contribué aux développements théoriques de l'automatique ainsi qu'à ses applications, ce qui a valu à chacun son statut de chercheur de renommée internationale. Enfin, ils partagent tous une grande passion pour la transmission de leurs connaissances à leurs étudiants.

Le Bulletin a aussi rencontré une des figures historiques du GERAD, Anita Beauchamp. Au nom de tous les Gériadiens, je voudrais exprimer ici notre gratitude à Anita pour ses bons et loyaux services, toujours accompagnés (sauf quand sa comptabilité ne balance pas!) par un grand sourire. Merci Anita.

Bonne lecture!



Georges Zaccour

bulletin@gerad.ca

SOMMAIRE

Nouvelles brèves.....	2
La commande et l'optimisation : mariage de raison ou mariage de passion ?.....	3
Trouver la bonne commande, c'est un problème difficile.....	5
La commande et l'optimisation.....	7
Quand de bons problèmes et de bonnes théories se rencontrent !.....	9
Anita Beauchamp fête ses 25 ans au GERAD.....	11

Maryse Labriet a reçu une Médaille académique de la Gouverneure Générale du Canada, le 17 octobre 2005, médaille décernée pour sa thèse intitulée « Modélisation technico-économique de scénarios globaux coopératifs et non-coopératifs de réduction des gaz à effet de serre ». De plus, elle a reçu, le 25 octobre 2006, le prix d'excellence de l'Académie des Grands Montréalais, catégorie Sciences naturelles et génie, pour la meilleure thèse de 2005.

Pierre Duchesne a reçu le prix de la meilleure communication sur le marché financier canadien pour une recherche intitulée *Intraday Value at Risk (IVaR) Using Tick-by-Tick Data with Application to the Toronto Stock Exchange*. Pierre Duchesne et ses coauteurs Georges Dionne, titulaire de la Chaire de recherche du Canada en gestion des risques, de HEC Montréal, et Maria Pacurar, de la School of Business Administration, Dalhousie University, ont reçu le prix lors de la conférence de la Northern Finance Association, du 15 au 17 septembre, à Montréal.

Odile Marcotte, professeure associée à l'UQAM, membre du GERAD et spécialiste en optimisation combinatoire, fut l'une des principales organisatrices du semestre portant sur le sujet du Centre de recherches mathématiques (CRM) de l'automne 2006. Elle s'est jointe à l'équipe du CRM, dont les autres directeurs adjoints sont Chantal David (Concordia, théorie analytique des nombres), Andrew Granville (Université de Montréal, analyse, théorie des nombres et combinatoire) et Jean Letourneux (Université de Montréal, physique théorique). Le partage du travail permet aux directeurs de poursuivre pleinement leurs travaux de recherche.

HEC Montréal a créé la Chaire de théorie des jeux et gestion et nommé son premier titulaire : **Georges Zaccour**, professeur titulaire de marketing et ancien directeur du GERAD.

François Bellavance a été nommé professeur titulaire au Service de l'enseignement des Méthodes quantitatives de gestion à HEC Montréal.

Georges Zaccour, titulaire de la Chaire de théorie des jeux et gestion et professeur à HEC, a reçu le Prix Pierre-Laurin qui récompense la production de recherche au cours des trois dernières années.

Jean-François Cordeau, titulaire de la Chaire de recherche du Canada en logistique et en transport et professeur agrégé à HEC, a reçu le prix de recherche et de pédagogie Chenelière Éducation / Gaëtan Morin 2006.

Le GERAD a accueilli cinq nouveaux membres en septembre : **Marc Fredette**, HEC Montréal; **Jean-François Frigon**, École Polytechnique de Montréal; **Chantal Labbé**, HEC Montréal; **Sylvain Perron**, HEC Montréal; et **François Watier**, UQAM.

CONGRÈS EN 2007 :

- L'École printanière 2007 sur la Viabilité : Modèles, algorithmes et applications en finance et en économie de l'environnement, 16 au 20 avril.
- Les Journées de l'Optimisation 2007, 7 au 9 mai.
- Le Neuvième atelier sur le Contrôle optimal, les Jeux dynamiques et la Dynamique non-linéaire, 7 au 9 mai.
- Le 7th Meeting on Game Theory and Practice Dedicated to Energy, Environment and Natural Resources, 28 au 30 mai.
- La deuxième édition de la Théorie des jeux en marketing, 4 au 6 juin.

Voir www.gerad.ca pour plus d'information.



Agrandissement de facto du GERAD (longtemps attendu et mérité). Les efforts de lob-

bying conjugués de MM Gilles

Savard, membre du GERAD et directeur du Département de mathématiques et génie industriel (MAGI), et de Richard Hurteau, directeur du Département de génie électrique de l'École Polytechnique, ont porté fruit. L'École Polytechnique alloue un total de 240 m², au bâtiment André Aisenstadt, dédiés principalement à des membres du GERAD faisant partie du MAGI. Le MAGI gère le nouvel espace mais un espace équivalent au GERAD est de facto libéré. Les membres du GERAD affectés à cette nouvelle antenne du MAGI continueront de profiter de nos services administratifs, informatiques et de secrétariat.

Pierre Hansen a été nommé *fellow* de l'AIRO, Société Italienne de Recherche Opérationnelle, lors de la réunion annuelle à Cesena (ITALIE), en septembre 2006. C'est la première fois que l'AIRO nomme des *fellows*. Également nommés, Paolo Toth (Bologne), Giorgio Gallo (Pise).

Un Chercheur du GERAD vous parle : voilà le nom du nouveau séminaire régulier interne qui se tient depuis avril 2006. Les premiers à prendre la parole avec leurs étudiants : **Michel Denault**, **Michel Perrier**, **Gilles Caporossi** et, bientôt, **Bruno Rémillard**.

Cinq membres du GERAD, les professeurs **Pierre Hansen**, **Alain Hertz** et **Odile Marcotte**, le postdoc **David Schindl** et la doctorante **Rim Kilani**, tous membres d'*Operations Research, Algorithmics, Networks and Graphs Entity* (ORANGE), viennent de démontrer la conjecture 747, l'une des plus célèbres en théorie des graphes. Elle est générée automatiquement par le logiciel Graffiti en 1992 et répertoriée dans la liste « *Written on the Wall* ». Félicitations à tous d'avoir résolu une question ouverte depuis 14 ans.

L'automatique au GERAD



Peter Caines



Roland
Malhamé



El-Kébir Boukas



Michel Perrier



Shie Mannor

La commande et l'optimisation : mariage de **raison** ou de **passion**?



Pour aider le profane à comprendre les défis de la recherche en commande (l'automatique) et en optimisation, ainsi que les points de contact entre les deux sujets, **Peter Caines**, professeur au département de génie électrique de McGill et membre du GERAD, et **Roland Malhamé**, directeur du GERAD, tous deux automaticiens, reviennent souvent à l'analogie de la conduite d'un avion. Difficile de trouver exemple plus clair.

Quels sont les états d'un avion? demande Peter Caines. (On notera que le mot « état » est au pluriel.) Où est-on exactement? La réponse ne se limite pas à la spécification de la position de l'avion dans l'espace. Selon les objectifs visés, elle

pourra également comprendre la vitesse de l'avion et son orientation, le niveau de kérosène dans le réservoir, la charge dans l'avion (passagers ou cargo), l'état de l'environnement : vents, turbulences, précipitations, et ainsi de suite.

Rétroaction, planification, lois de la commande...

Ainsi, l'automaticien utilisera un modèle dynamique de l'avion et des mesures partielles sur son vecteur d'état, comme outil d'anticipation de l'effet des actions de contrôle (position de gouvernail, accélération...) sur son état et sa trajectoire futurs. Des mesures à intervalles réguliers permettront de tenir compte des aléas non anticipés dans la description dynamique de l'avion (erreurs de modéli-

sation?), et de son environnement (milieu stochastique), et de réaliser ainsi des corrections de trajectoires. C'est là le principe de la rétroaction : les actions de commande sont définies, non pas comme une séquence de niveaux, mais comme des fonctions d'observations, et deviennent ainsi des lois de commande. La construction de ces lois se fait en deux étapes : planification de trajectoire d'état, et suivi de trajectoire. Nous décrivons là le suivi de trajectoire. Le suivi de trajectoire peut se faire en cherchant à minimiser une somme pondérée des erreurs de suivi, par exemple, le long du parcours. On s'inscrit alors dans le cadre de la commande dite optimale, premier point de contact de l'automatique avec l'optimisation.

La planification de trajectoire est un processus qui se fait totalement en mode prédictif. Pour choisir la trajectoire, on suppose une connaissance a priori du climat jusqu'à destination. S'ajoutent ensuite les contraintes dont il faut tenir compte tels le niveau de stabilité et de confort, les coûts de carburant, la sécurité, les limites sur les angles admissibles dans les trajectoires, les corridors empruntés par d'autres avions et qu'il faudra éviter, l'horaire à respecter, etc. C'est à ce niveau qu'interviennent, de façon incontournable, les techniques d'optimisation sous contraintes dont sont forts friands les collègues chercheurs opérationnels au GERAD. On peut donc affirmer que, de façon générale, la planification des systèmes constitue un deuxième point de contact fort entre l'automatique et l'optimisation.

Roland Malhamé va plus loin : « Les automaticiens peuvent bien travailler indépendamment des optimiseurs dans divers domaines, mais, au niveau de la planification, on peut compter sur l'optimisation combinatoire, qu'ils maîtrisent beaucoup moins, pour venir tôt ou tard leur exposer à la figure. Dans la même veine, ajoute-t-il, nos collègues du GERAD qui font de l'optimisation combinatoire ont parfois envie de changer de pièce dès qu'il s'agit d'affronter des problèmes de dyna-

mique ou d'optimisation dans le temps. » Donc, mariage de raison entre l'optimisation et la commande, mais aussi mariage de passion, car, disent à l'unisson Peter Caines et Roland Malhamé, « pour faire la recherche, il faut être passionné et, au GERAD, l'ambiance pour la recherche est absolument superbe. »

Roland Malhamé fait remarquer que, comparés aux optimiseurs purs, les chercheurs en automatique travaillent sur des problèmes moins complexes ayant moins de variables et moins de contraintes, mais leur grand défi se situe au niveau de la dynamique des systèmes, c'est-à-dire l'impact des actions de commande sur le mouvement dans le temps et dans

C'est là le principe de la rétroaction : les actions de commande sont définies, non pas comme une séquence de niveaux, mais comme des fonctions d'observations, et deviennent ainsi des lois de commande.

l'espace. Et qui parle de mouvement dans le temps et l'espace doit parler également d'incertitude et d'événements aléatoires ou stochastiques. En d'autres termes, on veut aller d'un point A à un point B en empruntant la trajectoire optimale et en tenant compte d'une multitude d'états et d'événements imprévus. « En ce sens, note Peter Caines, la prévision des trajets, ou l'état du système dans l'avenir, est en soi tout un sujet. Il existe ainsi une grande gamme de méthodologies, d'idées et de mathématiques dédiées à la question de la prévision des états. »

Il y a donc le problème de l'estimation de l'état actuel du système – savoir le plus précisément possible où on est, comme pour l'avion – et le problème de prédiction ou d'anticipation de la trajectoire du système dans l'avenir. À l'aide de cette information, on doit construire une commande qui permettra d'aller à un point désiré dans un état désiré.

La rétroaction (feedback), déjà mentionnée plus haut, est un autre élément fondamental de la commande dynamique. Pour illustrer le rôle de la rétroaction, Roland Malhamé note que « tous les systèmes vivants dépendent de la rétroaction pour leur survie. Quand on a froid, on fris-

sonne, quand on a chaud, on transpire. Il s'agit d'actions involontaires par lesquelles le corps humain cherche à combattre les changements et à maintenir sa température constante. » Ainsi, la commande dynamique s'ajustera selon les informations fournies en rétroaction.

Boucle ouverte ou boucle fermée

Par ailleurs, c'est cette intégration des informations en rétroaction qui distinguent la commande en boucle fermée de la commande en boucle ouverte, qui, elle, ne dépend pas de la rétroaction. En boucle ouverte, on travaille sur un modèle et si le modèle ne fonctionne pas, on le reprend, on le modifie selon les informations recueillies et on l'applique de nou-

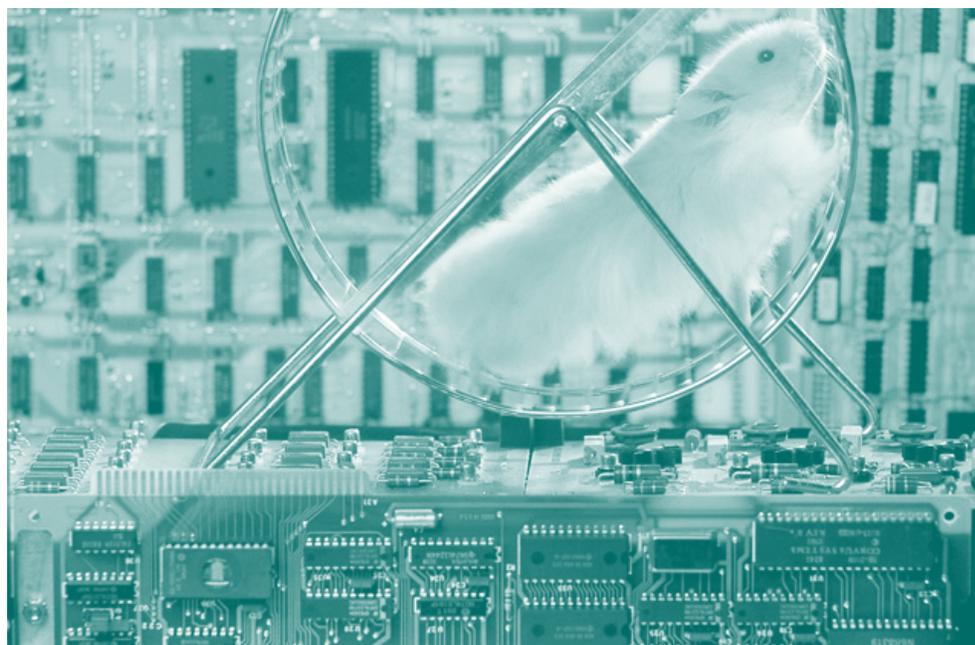
veau, mais avec les modifications. En fait, c'est souvent une philosophie de gestion en boucle ouverte qui est adoptée par les optimiseurs purs du GERAD.

Pour saisir la différence entre boucle ouverte et boucle fermée, Peter Caines et Roland Malhamé nous invitent à aller, de façon optimale, d'un point A à un point B en auto tout en respectant les consignes routières. En boucle ouverte, on programmerait l'automobile d'avance pour aller à telle ou telle vitesse en empruntant telle ou telle route, le tout dans un souci d'optimisation. Le programme donné à l'automobile serait figé. (Imaginons le cafouillis!) En revanche, en boucle fermée, le chauffeur s'ajusterait en cours de route selon la vitesse de l'auto qui le précède et en maintenant la nécessaire distance entre les deux, selon la densité de la circulation, les embouteillages et d'autres imprévus, mais toujours en tentant d'optimiser. Construire une commande en boucle fermée consisterait à remplacer le chauffeur.

La prochaine question évidente du profane : s'agit-il là d'intelligence artificielle? Peter Caines répond en riant : « Ça, c'est une question provocatrice! » Mais il poursuit en précisant que ce serait de l'in-

Trouver la **bonne commande**, c'est un problème difficile...

« On ne peut pas contrôler la nature, mais on peut créer des conditions pour la déjouer! » dit **El-Kébir Boukas**, professeur de génie électrique à l'École Polytechnique et membre du GERAD depuis 1988. Déjouer la nature, rien de moins! Voilà un aperçu de l'ampleur du défi auquel s'affrontent les automaticiens, qui sont aussi des optimisateurs.



Travaillant sur la commande de systèmes dynamiques avec applications aux ateliers flexibles, le professeur Boukas explique : « Nous, les automaticiens, nous utilisons les résultats obtenus de l'optimisation comme des outils pour résoudre nos problèmes de commande de procédés, que ce soient des procédés chimiques, mécaniques ou électriques. Je cherche à obtenir la commande qui assure aux systèmes commandés les meilleures performances malgré la présence des incertitudes et des perturbations externes qui échappent à notre contrôle. À titre d'exemple, j'agirais sur une certaine entrée pour obliger la sortie à se comporter de la façon que je veux. Un robot, par exemple, à qui je donne une commande va se déplacer afin de se positionner là où je le veux, mais aussi avec précision et rapidité. Au fond, ce problème peut être ramené à un problème d'optimisation. »

Dans les systèmes réels les paramètres varient en fonction du temps et on a toujours affaire à des perturbations externes inconnues en plus des non linéarités inhérentes. La commande de ce genre de système est complexe. Une première approche consiste à linéariser notre système tout en ajoutant des incertitudes qui peuvent décrire les dynamiques négligées. On touche alors au domaine de la « commande robuste », qui tient

compte de l'incertitude et des imprévus de toutes sortes. El-Kébir Boukas pose la question comme suit : « Comment concevoir un correcteur qui soit robuste pour contrer les changements de paramètres et les effets indésirables des perturbations externes? » Revient ainsi l'idée de déjouer la nature. En pratique, voyons de quoi il retourne.

Juste à temps

L'objectif d'un atelier de fabrication a toujours été de répondre à la demande du client selon son échéancier tout en maintenant au plus bas le prix du produit et en assurant un retour sur l'investissement. De plus, tout le processus est régi aujourd'hui par le concept juste à temps. Cela veut dire, à la fois, recevoir des matières premières à l'atelier juste à temps, notamment pour éviter les coûts de stockage, et livrer des produits finis aux clients, également juste à temps.

En décortiquant le procédé de fabrication, on s'aperçoit qu'on peut agir, entre autres, sur la vitesse de fabrication et la qualité des produits, mais on doit également tenir compte de l'éventualité de pannes, des niveaux de stocks de matières premières et de produits finis, de la capacité de stockage, des fluctuations de la demande des clients, du vieillissement des équipements de production, et ainsi de suite. Il faut aussi pouvoir apporter des modifications aux produits finis pour tenir compte de l'évolution du marché et, bien sûr, réduire au minimum l'intervention humaine pour garder les prix au plus bas. S'ajoutent les impératifs de la satisfaction du client et du retour sur l'investissement du propriétaire de l'atelier.

Le chat et la souris

Le mot « flexible » y trouve évidemment son sens. « C'est comme jouer avec le chat et la souris, note le professeur Boukas. Mon travail consiste à développer des

... **El-Kébir Boukas** (suite).

algorithmes de commande qui permettent de contrôler ce genre de système. Quand on veut planifier la production ou l'entretien, on formule ceci comme un problème d'optimisation stochastique, lequel peut être résolu soit par des techniques de commande optimale soit par la théorie de la commande robuste. « Ça peut également se traduire en un problème de la théorie des jeux. »

L'optimisation est ainsi au cœur de la recherche sur l'automatique appliquée à l'atelier flexible, ce qui explique le lien très naturel avec le GERAD. Mais, pour El-Kébir Boukas ce lien avec le GERAD est plus profond. De fait, le fondateur du GERAD, Alain Haurie, était son directeur de thèse de doctorat ainsi que co-auteur de plusieurs articles scientifiques publiés à la fin des années 1980 portant notamment sur des problèmes d'optimisation d'ateliers flexibles. En effet, le professeur Boukas a obtenu sa maîtrise et son doctorat en génie électrique à l'École

... **Peter Caines** (suite).

telligence artificielle si l'on essayait de simuler le raisonnement humain, selon les règles de décision d'un médecin, par exemple, ce qui n'est pas leur cas. En fait, l'objectif consiste, entre autres, à définir les lois de commande permettant d'obtenir un système autonome doté d'un système d'observation qui nécessite un minimum d'intervention humaine.

Or, les lois de la commande dynamique sont elles-mêmes comme une boucle fermée, précise Peter Caines. « On peut définir les lois de la commande comme une rétroaction entre les actions de commande disponibles et l'état du système et de son environnement et, ensuite, les calculer à l'aide d'algorithmes. » De ce point de vue, ajoute Roland Malhamé, l'algorithme de la programmation dynamique représente le vrai point de rencontre entre la théorie de la commande optimale et l'optimisation, puisqu'il est bien connu des optimiseurs et qu'il engendre des décisions en boucle fermée. En bref, la programmation dynamique

Polytechnique de Montréal après avoir fait ses études de premier cycle en ingénierie à l'École Mohammadia des ingénieurs, à Rabat, au Maroc.

Les travaux d'El-Kébir Boukas sont axés principalement sur la recherche fondamentale. Tout en reconnaissant

Tout en reconnaissant l'importance de la recherche appliquée, il fait remarquer que les chercheurs en automatique se trouvent souvent devant un dilemme.

l'importance de la recherche appliquée, il fait remarquer que les chercheurs en automatique se trouvent souvent devant un dilemme. Pour faire des applications, on a besoin du procédé et des installations. Donc, ça prend beaucoup de capital pour faire le pont avec l'industrie. On peut simuler un atelier flexible, mais pour tester et appliquer une nouvelle commande, on a besoin de l'atelier même. De plus, une fois la recherche terminée, le chercheur ne peut pas nécessairement publier ses résultats en raison de la propriété intellectuelle de ceux-ci. Ceci peut

consiste à construire la solution d'un grand problème de décision optimale à partir de celle d'une série de problèmes plus simples, essentiellement identiques, emboîtés l'un dans l'autre, et qui portent sur des horizons de décision croissants.

« Pour nous, automaticiens, note Roland Malhamé, bien qu'elle soit également un algorithme d'optimisation, la programmation dynamique est avant tout un instrument d'analyse théorique de la structure des lois de la commande. Le principe de la programmation dynamique stipule qu'une trajectoire optimale doit maintenir son caractère d'optimalité quel que soit le point de la trajectoire à partir duquel on initie le mouvement. Cette caractéristique de préservation d'optimalité nous permet de ramener un gros problème d'optimisation à des sous problèmes plus petits et plus faciles à résoudre, ce qui en soi est une idée simple, mais extrêmement porteuse. »

Les applications

Et les applications? Les deux chercheurs font remarquer que l'automatique forme

avoir pour effet de freiner son évolution comme chercheur puisque les organismes subventionnaires de recherche se fient souvent à la qualité et au volume des publications du chercheur.

Autre obstacle propre aux chercheurs en automatique, ajoute-t-il, le marché

de l'emploi n'incite pas nécessairement les jeunes à se lancer dans ce domaine de recherche. D'abord, l'implantation de l'automatique se traduit par le remplacement d'humains, thème soulevé de façon brillante, mais grinçante, par Charlot. Mais aussi, faire de la commande automatique demande énormément de connaissances et, par conséquent, un investissement en temps d'étude et de recherche. Il est donc difficile de concurrencer le marché de l'emploi dans le domaine du génie. **G**

en quelque sorte une méta discipline, qui transcende d'autres disciplines. On la retrouve en génie électrique, en génie mécanique, en génie industriel, en génie chimique et nucléaire, en mathématiques, en économie, en écologie, en physiologie, en physique...

À titre d'exemple, Peter Caines explique que, quoi qu'il fasse partie du département de génie électrique à McGill, il n'a pas fait ses études en cette matière. En fait, il a obtenu son baccalauréat en mathématiques à Oxford, en 1968, avant de poursuivre sa formation jusqu'au doctorat en automatique à l'Imperial College, à Londres. Une trajectoire « aléatoire » (c'est son mot mais avec un sourire) l'a amené ensuite à Stanford, à Berkeley, à l'Université de Toronto et à Harvard, avant qu'il n'atterrisse à McGill en 1980. Montréal comptait déjà de nombreux automaticiens de renom, dont Alain Haurie, fondateur du GERAD. Peter Caines est membre du GERAD depuis 1999, mais il collabore avec Roland Malhamé depuis les années 1980. >>

L'automatique et l'optimisation

Une « technologie cachée » qu'il faut **sortir du placard**

Le vélo, selon **Michel Perrier**, professeur de génie chimique à Polytechnique et membre du GERAD, est un excellent exemple d'un système mécanique naturellement instable qu'on stabilise au moyen d'un système de commande à rétroaction en boucle fermée. Les cyclistes trouveront peut-être fastidieuse cette façon de définir un vélo, mais elle permet d'illustrer de façon simple un concept très complexe dont les applications s'étendent pratiquement à toutes les disciplines du génie.



Sans la commande du cycliste, le vélo tomberait par terre et ne bougerait pas. Le cycliste donne la commande en tenant compte de la rétroaction à mesure qu'il détecte la position : si le vélo commence à tomber vers la droite, le cycliste tourne le guidon à gauche et pédale, ce qui fait que le vélo se redresse. Le cycliste entre dans un virage à gauche et fait pencher le vélo à gauche pour éviter de se faire éjecter du vélo par la force centrifuge. Lorsqu'un autre essaie de le dépasser, le cycliste ajuste la vitesse et pédale plus fort pour

Les systèmes de commande, qu'on appelle aussi l'automatique, sont étudiés dans toutes les écoles de génie. Mais qui dit décision, dit aussi GERAD.

rester en tête, et ainsi de suite jusqu'à la fin de la course. Bref, tout est contenu dans ce système : 1) la détection de l'état du vélo et de son cycliste (vitesse, équilibre, etc.) 2) la décision fondée sur l'intelligence du cycliste et 3) l'action prise par le cycliste sur son vélo. La boucle est fermée parce que la détection de l'état du cycliste influence ses décisions et actions (sauf peut-être si le cycliste est dopé...).

Les systèmes de commande, qu'on appelle aussi l'automatique, sont étudiés dans toutes les écoles de génie. Mais qui dit décision, dit aussi GERAD. Donc, le point de rencontre avec le GERAD se situe au niveau de la décision et de l'optimisation de celle-ci. Michel Perrier est membre du GERAD depuis janvier 2006. « Je suis

spécialisé dans les commandes de procédés chimiques et biochimiques. Dans ce domaine, on peut profiter énormément des connaissances des chercheurs du GERAD en optimisation ainsi que des spécialistes de la théorie des jeux. Personnellement, j'ai besoin de mes collègues du GERAD pour tester les outils qu'on met au point et pour m'aider à définir des problèmes. »

Deux catégories de problèmes

Michel Perrier explique qu'il y a deux catégories de problèmes de commande. La première catégorie comprend les problèmes de régulation. Un système cherche à maintenir certaines variables à des valeurs données en tenant compte de conditions changeantes et de contraintes qui tendent à faire dévier le système de la valeur cible. Le système de climatisation d'un bureau ou d'une usine, par exemple, vise une température et une humidité idéales tant pour les travailleurs que pour les matériaux et produits. Parmi les conditions changeantes on retrouve : l'exploitation d'équipement, la présence d'humains, le temps qu'il fait dehors. Et les contraintes : le bien-être des travailleurs, l'état des matériaux utilisés ou les produits fabriqués, les coûts, les profits, etc.

... Michel Perrier (suite).

Dans la deuxième catégorie, on trouve les problèmes de servomécanismes. « Dans ce genre de problème, on essaie de suivre les trajectoires alors que la valeur cible change dans le temps. Comment faire en sorte que le système de commande tienne compte d'une cible qui bouge? En somme, la génération d'éléments de décision diffère selon qu'on est en mode régulation ou en mode servomécanisme. »

Dans cette deuxième catégorie, l'optimisation entre en jeu notamment dans la détermination des trajectoires. Il faut identifier et prioriser les contraintes, qui peuvent même être culturelles – on tolère mal, en hiver, une température ambiante de moins de 21° au Québec, alors qu'en Europe on tolère souvent une température de 18°, et même moins. Selon Michel Perrier, dans les procédés industriels, la priorité des contraintes est établie selon l'ordre qui suit : 1) la sécurité des travailleurs 2) la protection de l'environnement 3) la qualité du produit 4) le niveau de production. En d'autres termes, s'il faut faire fi des contraintes touchant la sécurité ou l'environnement pour obtenir le niveau de qualité et de productivité cherché, l'on doit se résigner à accepter un niveau de qualité et de productivité moindre.

Les systèmes de commande sont partout – on les décrit même comme la « technologie cachée » en ce sens que l'on ne les voit pas et que l'on ne s'en aperçoit que lorsqu'ils ne fonctionnent pas. Un avion de chasse, par exemple, ne peut simplement pas voler sans ses systèmes de commande hautement sophistiqués. Il en est de même pour les automobiles modernes dotées comme elles le sont de freins ABS, de régulateurs de vitesse, de suspension variable et de nombreux mécanismes visant l'efficacité et la réduction de la pollution. En effet, grâce aux systèmes de commande, les autos des années 1990 étaient dix fois moins polluantes que celles de années 1970. Et les domaines d'application se multiplient, allant de l'industrie à la médecine, en passant par la pharmacologie, la biologie systémique

(Systems Biology), les vaisseaux spatiaux et beaucoup d'autres.

Réacteurs chimiques et biochimiques

Michel Perrier s'intéresse tout particulièrement aux problèmes de réacteurs chimiques et biochimiques. L'objectif dans un bioréacteur, par exemple, consiste à maintenir les cellules dans un environnement confiné et dans un état physiologique donné de sorte que cet environnement soit propice, par exemple, à la production de molécules thérapeutiques. Étant des systèmes vivants, ces systèmes sont très complexes. Déjà, les réacteurs chimiques peuvent s'avérer difficiles à optimiser, mais le fait d'être ajoutés à un système vivant ajoute un autre niveau de complexité. Le résultat peut, par exemple, être un élément dans une chaîne de production d'un nouveau médicament.

« Contrairement à certains autres domaines d'optimisation, précise Michel Perrier, les procédés chimiques et biochimiques nous obligent à composer avec des situations en temps réel. Notre travail consiste non pas à optimiser le modèle, qu'on pourrait par la suite appliquer à un problème réel, mais plutôt à optimiser le procédé lui-même. Le fait de travailler en ligne ajoute une contrainte additionnelle qui est particulièrement lourde. Si on se trompe, on doit fréquemment repartir à zéro. »

Professeur à l'École Polytechnique de Montréal depuis 1993, Michel Perrier a auparavant acquis sept ans d'expérience en systèmes de commande dans l'industrie pétrochimique, dans l'industrie des pâtes et papier, et dans le domaine des biotechnologies. Michel Perrier possède une maîtrise de l'École Polytechnique de Montréal et un doctorat de McGill. **G**



... Peter Caines (suite et fin).

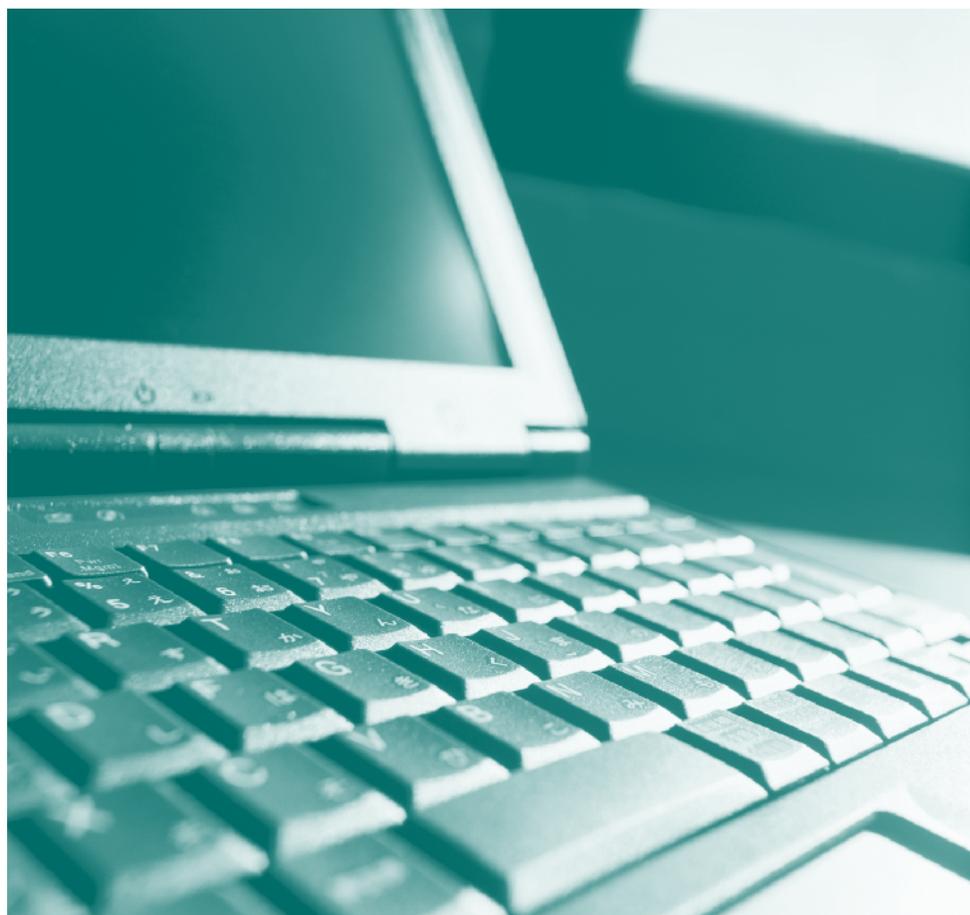
La commande des grands systèmes en particulier, est une méta discipline clé car la notion voisine de systèmes décentralisés en interaction prend actuellement de plus en plus d'importance. Peter Caines rappelle, à titre d'exemple, comment l'automatique dans les réseaux électriques était au point mort à la fin des années 1980. Les différents réseaux étaient tous gérés de façon centralisée, mais séparée d'un réseau à l'autre. Tous les transferts étaient programmés, tout était prévisible, et les automaticiens dans ce domaine commençaient à se tourner les pouces. Mais la déréglementation des marchés de l'électricité et la crise énergétique dans un contexte d'interconnexion des réseaux, sont venues tout bousculer. L'électricité produite à la Baie James peut se vendre aujourd'hui en Floride,

ce qui laisse entrevoir des phénomènes d'instabilité ou de panne majeure, comme la panne du 14 août 2003 dans le Midwest américain et en Ontario. Par conséquent, les automaticiens, aussi optimiseurs, doivent relever de nouveaux défis.

Il se passe également des phénomènes similaires dans le domaine financier, en télécommunications et dans l'Internet, ailleurs. L'impossibilité de concevoir une commande centralisée et figée oblige les chercheurs à penser en termes plus gérables de sous systèmes non coopératifs ou partiellement coopératifs, et de... théorie des jeux. Mais cela est une autre histoire, qui fera l'objet d'un autre bulletin du GERAD. **G**

Quand de **bons problèmes** et de **bonnes théories** se rencontrent!

« Quand vous voulez résoudre un vrai problème de commande, un problème qui mérite d'être résolu, vous finirez toujours par le formuler comme un problème d'optimisation » tranche **Shie Mannor**, professeur adjoint au département de génie électrique et informatique de l'Université McGill et membre du GERAD depuis 2004. Il n'y a donc aucun mystère pour lui dans la relation entre la commande et l'optimisation. « Si vous voulez vraiment commander quelque chose, le problème sera souvent écrit comme un problème d'optimisation. »



Shie Mannor ajoute que la commande automatique comprend un élément d'optimisation depuis au moins 25 ans. « Je dis à mes étudiants en génie électrique qu'il y a deux piliers dans tout ce que je fais : la probabilité et l'optimisation. Les gens qui se spécialisent en optimisation nous fournissent des outils et de la théorie très utiles pour nous. En retour, nous leur donnons de très bons problèmes à résoudre » note-t-il en souriant. Il cite à titre d'exemple l'optimisation robuste.

L'optimisation robuste consiste, en bref, à trouver des solutions qui sont les meilleures pour les pires cas. Dans le cadre de la commande robuste, on cherche des commandes ou des lois de la commande qui sont les meilleures pour le pire système possible. En se préparant au pire scénario, on risque de trouver des solutions trop conservatrices, lesquelles peuvent être coûteuses et inefficaces dans la plupart des situations. Par conséquent, la notion de « quasi robustesse » a vu le jour,

notion où des solutions moins qu'optimales pour le pire cas, mais relativement bonnes tout de même, sont acceptables. Cette notion englobe, de façon raisonnable, celle du risque.

Critique à la mission ou non?

« Lorsqu'un système n'est pas absolument critique à la réalisation de la mission de l'équipement, comme un système de suspension d'une auto, nous pouvons tolérer l'occasionnel nid de poule si cela veut dire

que le système coûtera vingt dollars de moins. En revanche, un système qui est critique à la mission, tel un automatisme d'un réseau électrique, ne peut tolérer un tel risque. Les théories d'optimisation et de probabilité entrent donc en jeu dans les systèmes de commande. La commande n'est plus seulement un mélange d'algèbre et d'analyse. »

Selon Shie Mannor, les systèmes de commande automatique mènent nécessairement à la théorie des jeux. « Dans tous les

grands problèmes soulevés au cours des quinze dernières années, il y a de multiples acteurs intéressés ou d'agents qui essaient de prendre des décisions, et leurs décisions auront des effets les unes sur les autres. Je ne suis pas un théoricien des jeux proprement dit, mais j'utilise la théorie des jeux pour modéliser des situations de génie et de commande. »

Vu le terrain partagé avec les optimisateurs, il n'est guère surprenant que Shie Mannor ait adhéré au GERAD peu après son arrivée au Département de génie électrique de McGill en 2004. Après des études postdoctorales à MIT comme boursier Fullbright, qui ont suivi son doctorat obtenu du Technion, en Israël, où il est né, Shie Mannor a déménagé à Montréal parce qu'il aimait la ville et l'université. Il a obtenu une Chaire de recherche du Canada Niveau 2 en apprentissage machine. Participant en 2004 à un séminaire sur la commande de réseaux et la théorie des jeux, Shie a rencontré le directeur du GERAD, Roland Malhamé, qui l'a invité à en devenir membre.

Le professeur Mannor divise ses intérêts de recherche en deux catégories : les projets qu'ils réalisent actuellement et ceux qu'il souhaite faire dans l'avenir. Dans le premier groupe, il mentionne deux importants projets en cours.

Un premier projet touche à la gestion de la charge de batteries d'ordinateurs portatifs. Le défi consiste à trouver une commande raisonnable pour éviter d'épuiser la batterie afin qu'une batterie ayant une capacité de quatre heures semble durer jusqu'à six heures. Il faut trouver le moment optimal d'activer l'écran de veille et de mettre l'ordinateur en veille, tout en tenant compte du comportement de l'utilisateur et de son seuil de tolérance des inconvénients. Le projet touche à l'apprentissage machine et à la prédiction du comportement de l'utilisateur. Quoi que la capacité de la batterie ne change pas, elle semble plus grande parce que l'ordinateur n'est évidemment pas utilisé sans interruption.

Ce projet était petit, note Shie Mannor, mais il est devenu très grand. Il le réalise en collaboration avec Intel Research, en Californie. « J'aime ce genre de problème, parce que l'industrie rencontre de vrais problèmes. En industrie, ils ont besoin de nos connaissances mathématiques et théoriques et, en retour, ils nous fournissent les données que nous ne pourrions jamais obtenir autrement. Un chercheur n'a simplement pas les moyens de déployer 80 ordinateurs portatifs et d'en cueillir les données, alors que, pour une grande entreprise en TI, ça ne pose aucun problème. Un universitaire seul ne pourrait jamais entreprendre un projet de cette envergure. De plus, dans ce cas, la publication des résultats ne pose aucun problème. »

J'aime ce genre de problème, parce que l'industrie rencontre de vrais problèmes. En industrie, ils ont besoin de nos connaissances mathématiques et théoriques et, en retour, ils nous fournissent les données que nous ne pourrions jamais obtenir autrement.

Shie Mannor travaille aussi sur un projet avec Nortel Networks, soutenu par une Subvention de recherche et de développement coopérative. Le projet soulève des problèmes particulièrement intéressants de commande et de décision à long terme. Comment une entreprise doit-elle allouer ses ressources? Quelle largeur de bande doit-elle prévoir? Combien d'argent doit être consacré à l'activation de fils? Où mettre les fils? Ce sont des décisions complexes qui auront un impact considérable sur les profits à l'avenir. Elles demandent une grande capacité de prédiction. L'analyse du passé ne peut résoudre pas le problème. Même si la vision en rétrospective est 20/20, ça ne garantit en rien la justesse de prédictions. « Pour établir la demande future et les coûts, il faut combiner la prédiction et l'optimisation, mais avec des quantités de données immenses. Le défi est de taille, sur le plan mathématique comme sur celui de la modélisation. »

S'améliorer avec l'expérience

Dans le second groupe de projets – ce qu'il souhaite faire dans l'avenir – Shie Mannor parle avec enthousiasme du laboratoire qui sera bientôt disponible grâce à une subvention de la Fondation canadienne pour l'innovation (FCI). Contrairement aux laboratoires de commande classiques avec leurs circuits et interrupteurs, ce laboratoire n'aura que des ordinateurs. Il servira à intégrer la commande adaptative et l'apprentissage machine à des applications à fort contenu en TI. L'apprentissage machine, qui chevauche la statistique, porte sur la prédiction de l'avenir à partir du passé, mais aussi l'amélioration de la prédiction grâce à l'expérience acquise.

« Je crois que, à mesure qu'un système se complexifie, le nombre de décisions augmente. Plus les décisions sont distribuées, plus il est difficile de décider. Au lieu de tenter d'imaginer toutes les éventualités, pourquoi ne pas réfléchir à des façons de s'améliorer. Le but sera de bâtir des systèmes TI qui s'améliorent en cours de route, qui apprennent de l'expérience, qui s'adaptent et deviennent plus robustes. Voilà ce qu'on va faire dans ce laboratoire. »

Son approche ressemble à celle d'un menuisier dont la règle d'or dès l'apprentissage est : mesurer deux fois, couper une fois. Il évite ainsi de la frustration et du gaspillage. « Sur les grands réseaux, on ne peut prétendre tout prévoir. Il faut décider très vite. Mieux vaut être proactif et prendre le temps de penser à une stratégie. » Les applications intéresseront notamment les entreprises de télécommunications, qui doivent déterminer le chemin optimal pour transmettre les données, et les entreprises de bases de données, qui décident où entreposer les données, ainsi que beaucoup d'autres. **G**

Anita Beauchamp fête ses 25 ans au GERAD. Elle l'a vu grandir.

*Quelle entreprise, quel établissement d'enseignement, quelle institution peut survivre sans cultiver et préserver une certaine mémoire d'organisation ? Certains, qui ont voulu faire fi de cet impératif, l'ont appris, à leur dépens – la NASA n'a-t-elle pas avoué son incapacité d'envoyer à nouveau des humains sur la lune en raison de sa « mémoire défaillante » ? **Anita Beauchamp**, qui vient de marquer ses 25 ans de service au GERAD, peu après le 25^e anniversaire du groupe de recherche lui-même, pourrait être décrite, entre autres, comme la mémoire vivante du GERAD. « Entre autres », parce que Anita Beauchamp n'est pas que ça, et loin de là.*



Nouveau-Brunswick, Anita Beauchamp, née Légère, est venue à Montréal en 1970. Dès 1976, après avoir quitté son poste de secrétaire à la recherche au service des Méthodes quantitatives dirigé par Alain Haurie, suite à la naissance de sa fille, elle a commencé à faire des contrats pour le service de recherche de HEC. En 1981, sa fille Geneviève et son garçon Mathieu, né en 1978, étant à l'âge scolaire, Anita était prête à réintégrer graduellement le marché du travail. Lise Lessard, secrétaire d'Alain Haurie qui dirigeait alors les Méthodes quantitatives à HEC, l'a informée que M. Haurie cherchait une secrétaire pour son nouveau centre de recherche, le GERAD. Elle a donc commencé au GERAD en juillet 1981, à raison

Ses anecdotes sur le GERAD depuis qu'elle était « assise dans la garde-robe » au 5000, avenue Decelles, premier bureau du GERAD, jusqu'à aujourd'hui, donnent une excellente idée du chemin parcouru par ce centre de recherche qui a germé dans l'esprit d'Alain Haurie et de quelques autres pour devenir aujourd'hui une institution de renommée internationale. Qui peut imaginer aujourd'hui la corvée que représentaient, au début des années 1980, les publications scientifiques, lesquelles étaient dactylographiées sur la seule machine à écrire électrique que le GERAD possédait. Il fallait, par exemple, changer la boule des caractères chaque fois qu'on rencontrait un symbole mathématique, chose plutôt fréquente au GERAD.

Avec l'arrivée du premier ordinateur, c'était à qui pouvait s'en accaparer le premier, rappelle Anita. On ne pouvait

« C'était l'époque où il y avait beaucoup de bonne volonté mais pas beaucoup d'argent, raconte-t-elle. En tout et pour tout, on avait un budget d'environ 100 000 \$ par année. Il fallait faire balancer les comptes mensuels, et gérer ça comme une bonne maman. »

pas s'en éloigner un instant sans que quelqu'un se l'approprie. « Une fois, j'avais travaillé quelques heures sur un texte quand M. Haurie a voulu consulter un fichier sur l'ordinateur. Dans le temps de le dire et avant que j'aie le temps d'enregistrer le travail, il a fait une manœuvre qui a effacé tout mon travail. M. Haurie était terriblement désolé et moi, j'étais découragée, mais c'est à partir de ce moment qu'on a installé sur l'ordinateur la commande d'enregistrement automatique des données. »

Acadienne, ayant fait ses études d'abord en français et ensuite en anglais dans une petite ville près de Fredericton, au

de deux jours et demi par semaine. Mais on s'est vite rendu compte que ce n'était pas assez et, dès septembre 1981, Anita a commencé à travailler à temps plein pour le GERAD. Et elle n'a jamais arrêté.

« C'était l'époque où il y avait beaucoup de bonne volonté mais pas beaucoup d'argent, raconte-t-elle. En tout et pour tout, on avait un budget d'environ 100 000 \$ par année. Il fallait faire balancer les comptes mensuels, et gérer ça comme une bonne maman. » En comparaison, en 2006, note-t-elle, le GERAD gère un budget pour les infrastructures d'environ 600 000 \$ par année et un budget de subventions des chercheurs de HEC d'en-

... Anita Beauchamp (suite).

viron 1,2 million \$ par année. S'ajoutent les subventions des chercheurs des autres institutions, qui ne sont pas gérées par le GERAD mais qui figurent dans le rapport annuel.

Elle rappelle aussi que l'exiguïté des lieux était toujours un problème dans les premières années. « Le GERAD a toujours été en quête d'espace plus grand pour permettre aux professeurs et aux chercheurs d'avoir des bureaux dans un lieu commun. C'était déjà mieux au 3535, chemin Queen-Mary, où le GERAD avait pignon sur rue de 1984 à 1994, d'abord sur un étage, ensuite sur trois ».

Ayant vu se développer l'esprit de collaboration au cours des années, grâce notamment à des lieux qui s'y prêtaient, Anita souligne l'importance pour un centre de recherche comme le GERAD de pouvoir offrir des bureaux à ses membres venant des différentes institutions. Même



Le GERAD occupe Anita Beauchamp beaucoup, mais elle a toujours du temps pour ses petits-fils Laurent et Émilien.

Une grande source de satisfaction pour Anita, c'est d'avoir vu de jeunes étudiants du GERAD devenir des professeurs et des chercheurs de renom international et de les voir eux-mêmes commencer à prendre les rênes du GERAD.

aujourd'hui, insiste-t-elle, malgré tout ce que peuvent offrir l'informatique et l'Internet, qui favorisent le travail à distance, rien ne remplace le contact humain.

Entrée au GERAD, au poste de secrétaire, Anita se voyait inondée d'un volume de travail toujours croissant, à mesure que le groupe prenait de l'expansion. « J'ai tout fait, sans dire que j'étouffais » dit-elle en riant. Aussi, Nicole Paradis est venue l'épauler en 1987 dans l'édition, suivie en 1989 de Carole Dufour, secrétaire de direction, lorsque Anita a pris son nouveau poste d'agente d'administration, et de Francine Benoit, technicienne à l'édition, en 1992. Voilà l'équipe qui veillerait sur la bonne administration pendant la période d'expansion du GERAD dans les années 1990 et de son emménagement en 1994 dans les bureaux au Pavillon André-Aisenstadt. Mais pour Anita, le défi

consistait aussi à apprendre à déléguer au lieu de tout faire elle-même comme auparavant.

En passant de l'époque de « beaucoup de bonne volonté sans beaucoup d'argent » à celle d'aujourd'hui, le GERAD a gagné ses galons. « On le constate notamment dans la reconnaissance des organismes subventionnaires de la recherche, comme le FQRNT et le CRSNG. Aujourd'hui, ils reconnaissent tous l'importance du GERAD sur le plan international. »

Une grande source de satisfaction pour Anita, c'est d'avoir vu de jeunes étudiants du GERAD devenir des professeurs et des chercheurs de renom international et de les voir eux-mêmes commencer à prendre les rênes du GERAD. « C'est impressionnant! ». Elle est aussi contente de pouvoir suivre leur progrès et l'évolution des recherches dans le Bulletin du GERAD,

parce que ses tâches administratives ne lui permettent pas de le faire comme auparavant quand, dans ses mots, « j'ai tout fait ». 

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 2006
Bibliothèque nationale du Québec

Reproduction autorisée
avec mention de la source

Newsletter

Groupe d'études et de recherche
en analyse de décisions

GERAD

Control and Optimization at GERAD

The Newsletter is proud to introduce five GERAD researchers who are interested in a branch of mathematics that plays a major role in all engineering fields and thus in our daily lives, automatic control.

El-Kébir Boukas, Peter Caines, Roland Malhamé, Michel Perrier and Shie Mannor have many attributes in common. They are all searching for optimal, or acceptable, control laws for their various concerns, be it manufacturing systems, chemical processes, communications systems, or other types of equipment. They have all contributed significantly to the theoretical development of control and to its applications, and that explains why each one has earned status as an internationally recognized researcher. Furthermore, they all share a passion for transmitting their knowledge to their students.

The Newsletter also met one of the GERAD's historical figures, Anita Beauchamp. On behalf of all GERADIANS, I would like to express our gratitude to Anita for her excellent and loyal service, always accompanied by a big smile (unless her accounts do not balance). Thank you, Anita.

Enjoy reading the Newsletter.



Georges Zaccour

bulletin@gerad.ca

SUMMARY

GERAD Update	2
Control and optimization: a marriage of convenience or passion?	3
Finding the right control is a real problem	3
A "hidden technology" that deserves to come out of the closet	5
When great problems and great theories meet	9
Anita Beauchamp celebrates 25 years at GERAD	11



Maryse Labriet received the Governor General of Canada Academic Medal on October 17, 2005. Her gold medal was awarded for her thesis "Modélisation technico-économique de scénarios globaux coopératifs et non-coopératifs de réduction des gaz à effet de serre". Furthermore, on October 25, 2006, she received the Award of Excellence from the Academy of Great Montrealers, Natural Sciences and Engineering, for the best thesis in 2005.

Pierre Duchesne received the Best Canadian Financial Market Paper Award for a research paper entitled *Intraday Value at Risk (IVaR) Using Tick-by-Tick Data with Application to the Toronto Stock Exchange*. Pierre Duchesne and his coauthors Georges Dionne, holder of the Canada Research Chair in Risk Management, at HEC Montréal, and Maria Pacurar, of the Dalhousie University School of Business Administration, received the distinction at the Northern Finance Association conference in Montreal, held from September 15 to 17.

Odile Marcotte, Associate Professor at UQAM, GERAD member, and specialist in combinatorial optimization, was one of the main organizers of the semester on that subject held by the Centre de recherches mathématiques (CRM) in fall 2006. She joined the CRM team whose other assistant directors are Chantal David (Concordia, Analytic Number Theory), Andrew Granville (Université de Montréal, Analysis, Number Theory, and Combinatorics), and Jean Letourneau (Université de Montréal, Theoretical Physics). By sharing the responsibilities, the directors can also fully pursue their research work.

HEC Montréal created the Chair in Game Theory and Management and appointed its first holder, **Georges Zaccour**, Full Professor of Marketing and former Director of GERAD.

François Bellavance was appointed Full Professor in the Department of Management Sciences at HEC Montréal.

Georges Zaccour, who holds the Chair in Game Theory and Management and who is Full Professor at HEC, received the 2006 Pierre-Laurin Award recognizing research conducted over the past three years.

Jean-François Cordeau, who holds the Canada Research Chair in Logistics and Transportation and is Associate Professor at HEC, received the 2006 Chenelière Éducation/Gaëtan Morin Award for education and pedagogy.

GERAD welcomed five new members in September: **Marc Fredette**, HEC Montréal; **Jean-François Frigon**, École Polytechnique de Montréal; **Chantal Labbé**, HEC Montréal; **Sylvain Perron**, HEC Montréal; and **François Watier**, UQAM.

MEETINGS IN 2007 :

- 2007 Spring School on Viability: *Models, Algorithms, and Applications in Finance, Economics, and the Environment*, April 16-20.
- 2007 Optimization Days, May 7-9.
- Ninth Workshop on Optimal Control, Dynamic Games, and Nonlinear Dynamics, May 7-9.
- The 7th Meeting on Game Theory and Practice Dedicated to Energy, Environment and Natural Resources, May 28-30.
- Second edition of *Game Theory in Marketing*, June 4-6.

See www.gerad.ca for more information.

GERAD undergoes de facto expansion (long waited for and much deserved). The combined lobbying efforts of Messrs Gilles Savard, GERAD member and Head of the Polytechnique's Mathematics and Industrial Engineering Department (MAGI), and Richard Hurteau, Head of the Electrical Engineering Department, have borne fruit. École Polytechnique has allotted a total of 240 m² in the André Aisenstadt pavilion dedicated mainly to GERAD members in the MAGI. Polytechnique's department will manage the new office space but an equivalent space in GERAD has in fact become free. GERAD members assigned to the new MAGI office will continue to count on GERAD for administrative, computer, and secretarial services.

Pierre Hansen was nominated a Fellow of the Italian Society of Operations Research (AIRO) in September 2006. It is the first time that AIRO has nominated Fellows. The other two are Paolo Toth (Bologna), Giorgio Gallo (Pisa).

A GERAD researcher speaks is the name of the new regular in-house seminar held since April 2006. The first researchers to speak along with their students are **Michel Denault**, **Michel Perrier**, **Gilles Caporossi** and, coming soon, **Bruno Rémillard**.

Five GERAD members, professors **Pierre Hansen**, **Alain Hertz** and **Odile Marcotte**, postdoctoral student **David Schindl** and doctoral student **Rim Kilani**, who are all members of *Operations Research, Algorithmics, Networks and Graphs Entity* (ORANGE), recently demonstrated conjecture 747, one of the most famous in graph theory. It is automatically generated by the Graffiti program in 1992 and included in the "Written on the Wall" list. Congratulations to all for solving a question that has been open for 14 years.

Control theory at GERAD



Peter Caines



Roland
Malhamé



El-Kébir Boukas



Michel Perrier



Shie Mannor

Control and optimization: a marriage of **convenience** or **passion?**



How can the layman grasp the challenges in automatic controls and optimization research and understand how they converge? For control theory specialists **Peter Caines**, Professor of Electrical Engineering at McGill and GERAD member, and **Roland Malhamé**, Director of GERAD, the airplane analogy provides the best way to approach the subject. One would be hard pressed to find a clearer illustration.

What are an airplane's states, asks Peter Caines. (Note that "state" is plural.) Where is it exactly? The answer is not limited to the specification of the plane's position in space. Depending on the objectives, the answer could also include velocity, orientation, fuel level, the load (passengers or freight), and the state of the environment: wind, turbulence, precipitation, and so forth.

Feedback, planning, control laws...

The control theorist thus uses a dynamic model of the plane and partial measurements on the vector of its state as a tool to anticipate the effect of control actions taken (flight control surface position, acceleration...) on its future state and path. Measures taken at regular intervals make it possible to take into account unanticipated events in the dynamic description of the plane (modeling errors?) and in its environment (stochastic

...Peter Caines from page 3.

environment), and thereby correct the paths. That is the principle of feedback: control actions are defined, not as a sequence of levels, but as observation functions, and that is how they become control laws. These laws are built in two stages: state path planning and path tracking. Path tracking is thus described. Path tracking can be done by seeking to minimize a weighted sum of tracking errors along the path. This is part of what is known as optimal control, which is the first point at which control theory and optimization intersect.

Path planning is a process conducted in a totally predictive mode. To choose the path, it is assumed that the climate is known in advance right to the destination point. To this are added the constraints that have to be taken into account, such as the level of stability and comfort, fuel costs, safety, acceptable path angle limits, corridors for other planes that must be avoided, schedules to meet, etc. This is where optimization techniques with constraints, which are generally the purview of operations research specialists at GERAD, inevitably come along and complicate matters. It can thus be stated that, systems planning is generally the second major point where control theory and optimization intersect.

Roland Malhamé goes even further: “Control theorists can go along working independently from optimizers in different areas, but when it comes to planning, combinatory optimization, a field they know less about, can be counted on sooner or later to put a spanner in the works. Similarly, our GERAD colleagues who specialize in combinatory optimization suddenly feel like leaving the room when questions are raised dealing with dynamic problems or optimization over time.”

It can thus be said that optimization and control theory have been married for convenience. But there's also passion, since, according to both Peter Caines

and Roland Malhamé, “to be a researcher you have to be passionate about it and at GERAD the atmosphere for doing research is absolutely superb.”

Roland Malhamé points out that compared to pure optimizers, control theory researchers work on less complex problems with fewer variables and constraints. However, their greatest challenge is related to system dynamics,

That is the principle of feedback: control actions are defined, not as a sequence of levels, but as observation functions, and that is how they become control laws.

namely the impact of control actions on movement in time and space. What is more, one cannot talk about movement in time and space without also addressing uncertainty and random or stochastic events. In other words, the goal is to go from point A to point B on the optimal path taking into account a multitude of states and unforeseen events. “This means that predicting the path, or the state of the system in the future, is an issue in and of itself,” notes Peter Caines. “A wide range of methodologies, ideas, and mathematics exist that are dedicated to the question of path predicting.”

Therefore, there is the problem of estimating the system's current state (i.e., knowing as accurately as possible the location, as for a plane), and the problem of prediction or anticipation of the system's path in the future. With this information, a command is to be built that makes it possible to go to a desired point in a desired state.

Feedback, as mentioned above, is another fundamental element in dynamic control. To illustrate the notion of feedback, Roland Malhamé points out that “all living systems depend on feedback to survive. When we are cold, we shiver, when we are hot, we perspire. These are involuntary actions by which the human body tries to combat the change and maintain body temperature constant.” Dynamic control thus adapts according to the information provided by feedback.

Open or closed loops

The incorporation of feedback information distinguishes closed-loop control from open-loop control, which does not depend on feedback. In open-loop controls, work is done on a model and if the model does not function correctly, it is revised and modified using information gathered. It is then applied again as modified. In fact, GERAD's pure optimizers

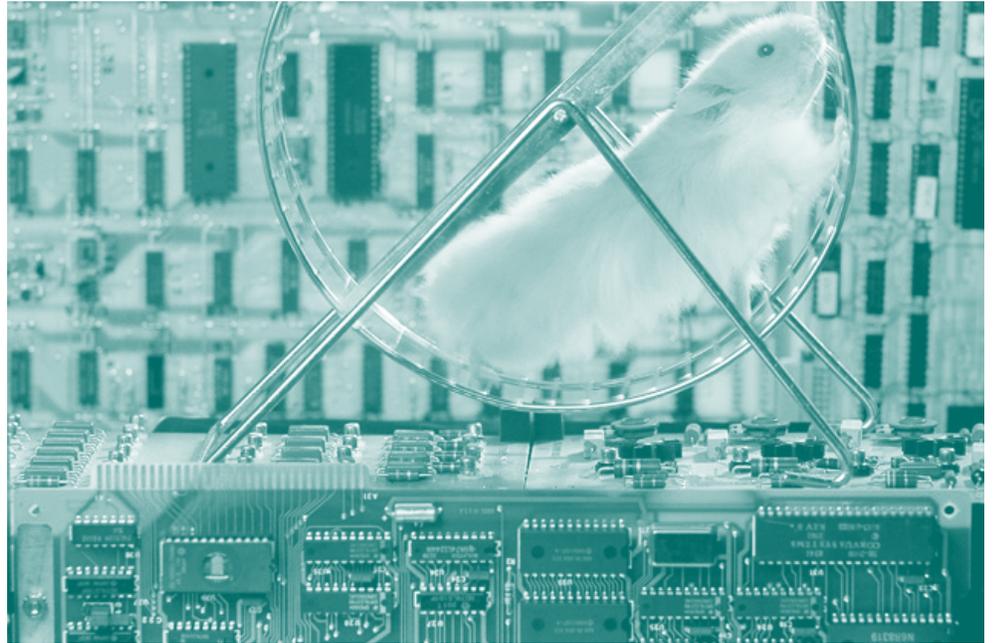
often adopt an open-loop management philosophy.

To grasp the difference between open and closed loops, Peter Caines and Roland Malhamé propose to go optimally by car from point A to point B while always complying with the road signs. If the loop were open, the car would be programmed ahead to go at an optimal predetermined speed and take an optimal predetermined route. The car would be programmed and the program could not be changed. (Just imagine the mess!) On the other hand, if the loop were closed, the driver would be flexible, adjusting the speed to that of the car ahead, maintaining adequate distance between the two cars, taking traffic and traffic jams and other unforeseen events into account, but always trying to optimize. Building a closed-loop control would consist in replacing the driver.

The layman's next question is “Are we talking about artificial intelligence?” Peter Caines replies with a laugh: “Now that is being provocative!” He adds however that it would be artificial intelligence if attempts were made to simulate human reasoning, based on the decision-making of a doctor, for instance. That is not the case here. Indeed, the goal consists in defining the controls that make it possible to obtain an autonomous system equipped with an observation system that requires a minimum of human intervention. >>

Finding the **right control** is a real problem...

“We cannot control nature but we can create the conditions to outsmart it!” says **El-Kébir Boukas**, Professor of Electrical Engineering at École Polytechnique and a member of GERAD since 1988. Nature just has to be outsmarted, that’s all! Automatic control theorists, who are also optimizers, thus have their work cut out for them.



Professor Boukas, who works on dynamic system controls as they are applied to flexible manufacturing systems, describes the relationship with optimization as follows: “Automatic control theorists use optimization results as tools to solve process control problems. The process can be chemical, mechanical or electrical. I seek to obtain the control that will ensure the best performances for the controlled systems despite the presence of external uncertainties and disturbances that are beyond our grasp. For example, I act on a certain input to force the output to behave the way I want it to. A robot, for instance, to which I give a command, will move and be positioned where I want it to be, but it will also do so quickly and accurately. Basically, this problem can be brought down to an optimization problem.”

In real systems, parameters vary as a function of time and there are always unknown external disturbances as well as inherent non linearities. Controlling this type of system is complex. One approach consists in linearizing the system and adding uncertainties that can describe the neglected dynamics. This brings us to the area of “robust control”, which takes into account uncertainty and unforeseen events of all kinds. El-Kébir Boukas then

raises the question: “How do you design a corrector that is robust enough to counter changes in parameters and the undesirable effects of external disturbances?” Here is where the idea of outsmarting nature comes into play. What does this mean in practical terms?

Just in time

The objective of a manufacturing system has always been to meet the customer’s demand and deadlines while keeping product price as low as possible and ensuring a return on investment. Moreover, the whole process is governed today by the notion of just in time. This means both receiving raw materials at the plant just in time, particularly so as to avoid storage costs, and delivering finished products to the customer just in time.

If the manufacturing process is dissected, it can be seen that it is possible to act on such things as speed of manufacturing and product quality. But it is also neces-

sary to take into account the possibility of breakdowns, raw material and finished product stocks, storage capacity, fluctuating customer demand, production equipment aging, and so forth. It must also be possible to modify the finished product so as to take into account the evolving market and, of course, to reduce human intervention to a minimum so as to keep prices as low as possible. Other imperatives include customer satisfaction and the factory owner’s return on investment.

Cat and mouse

The word “flexible” thus takes on real meaning. “It’s like cat and mouse,” observes Professor Boukas. “My work consists in developing control algorithms that can control this type of system. When production or maintenance is being planned, the question is formulated as a stochastic optimization problem, and it can be solved using either optimal

...El-Kébir Boukas from page 5.

control techniques or robust control theory. It can also be translated into a game theory problem.”

Optimization is thus at the heart of automatic control research applied to flexible manufacturing systems, which explains the natural link with GERAD. However, for El-Kébir Boukas, the link with GERAD goes far deeper. In fact, the founder of GERAD, Alain Haurie, was his doctoral thesis director as well as coauthor of several scientific articles published at the end of the 1980s dealing with flexible manufacturing system optimization problems, among other questions. Professor Boukas obtained his Master's and his PhD in Electrical Engineering from École Polytechnique after completing his undergraduate studies in Engineering at École Mohammadia in Rabat, Morocco.

El-Kébir Boukas's work focuses mainly on fundamental research. While he fully recognizes the importance of applied

research, he observes that automatic control researchers are often faced with the “publish or perish” dilemma. In order to do applications, researchers need to have access to the process and to the facilities themselves. A lot of capital is thus required to bridge the gap between fundamental research and industry. A flexible manufacturing system can be simulated, but to test and apply a new control, the

While he fully recognizes the importance of applied research, he observes that automatic control researchers are often faced with the “publish or perish” dilemma.

manufacturing system itself is required. Furthermore, once the research work is completed, the researcher cannot necessarily publish the results owing to provisions regarding the intellectual property of the results. This can considerably slow down a researcher's development, since research granting agencies often rely on the quantity and volume of a researcher's publications when deciding on research grants.

Automatic control researchers also have another obstacle to overcome, according to Professor Boukas. The job market does not provide incentives for young people to delve into this field of research. First of all, implementation of automatic controls means that humans are replaced, just as Charlie Chaplin so brilliantly and movingly pointed out many years ago. Work in automatic control theory also requires

a vast amount of knowledge and, by the same token, a significant investment in time and education. It is therefore difficult for scientific research to compete with the regular engineering job market.

G

...Peter Caines from page 4.

However, dynamic control laws are in themselves like a closed loop, notes Peter Caines. “Control laws can be defined as feedback between the control actions available and the system's state and its environment, and then they can be calculated using algorithms.” From this standpoint, notes Roland Malhamé, the dynamic programming algorithm represents the real intersection between optimal control theory and optimization, since optimizers are very familiar with it and since it generates decisions in a closed loop. In short, dynamic programming consists in building a solution to a large optimal decision problem with a series of simpler and essentially identical problems, each incorporated in the other, and which deal with growing decision horizons.

“For control theorists like us,” adds Roland Malhamé, “although dynamic programming is an optimization algo-

rithm, it is above all an instrument for theoretically analysing the structure of control laws. The principle of dynamic programming stipulates that an optimal path must maintain its optimality whatever the point at which movement on the path begins. This characteristic of preserving optimality enables us to downsize huge optimization problems and make smaller sub problems that are easier to solve. Though this notion is simple, it is extremely powerful.”

Applications

What about applications? Both researchers point out that automatic control is a kind of meta discipline in that it transcends the others. It is present in electrical, mechanical, industrial, chemical, and nuclear engineering, in mathematics, economics, ecology, physiology, physics, and more.

Using a personal example, Peter Caines explains that, although he is Professor in the Electrical Engineering at McGill,

he did not do his education in that field. Indeed, he obtained his B.Sc. in Mathematics at Oxford in 1968, before going on to do a PhD in Automatic Control Theory at Imperial College, London. In his words, his “random” path then took him to Stanford, Berkeley, University of Toronto, and Harvard before he settled at McGill in 1980. Montreal already had many renowned control theory specialists, including Alain Haurie, the founder of GERAD. Peter Caines joined GERAD seven years ago, but he has collaborated with Roland Malhamé since the 1980s.

Control of large systems, in particular, is a key meta discipline because the companion notion of interacting decentralized systems is gaining ground. As an illustration, Peter Caines recalls how automatic control of power grids was stultifying in the 1980s. The various grids were all managed centrally, but separately from one another. Power transfers were all programmed, every-

Control and optimization

A “hidden technology” that deserves to **come out of the closet**

A bicycle, according to **Michel Perrier**, Professor of Chemical Engineering at École Polytechnique and GERAD member, is a perfect example of a naturally unstable mechanical system that is stabilized using a closed-loop feedback control system. Cyclists may find it a highfalutin way to describe a bicycle, but it is a simple way to illustrate a very complex notion whose applications reach out to almost all engineering disciplines.



If the rider does not control the bike, it will fall down and not move an inch. The cyclist exerts his or her control taking into account feedback as the position is detected. If the bicycle starts to fall to the right, the rider turns the handle bars to the left and pedals and thereby brings the bicycle to an upright position again. The cyclist then enters a left turn and makes the bicycle bank to the left to avoid being catapulted to the right by the centrifugal force. When another cyclist tries to pass, the cyclist changes speeds and pedals harder to stay in the lead and the race goes on until the finish line. In short, everything is contained in this system: 1) detection of the state of the bicycle and the cyclist (speed, balance, etc.), 2) decision based on the cyclist’s intelligence, and 3) the cyclist’s action on the bicycle. The loop is closed since the detection of the state by the cyclist determines the decisions and the actions (except if the cyclist has taken performance-enhancing drugs, which would be a type of open-loop programming...)

Control systems are studied in all engineering faculties. Scientific talk about decision-making, however, inevitably leads to GERAD. Decision-making is thus the meeting point between control and optimization. Michel Perrier joined GERAD

Scientific talk about decision-making, however, inevitably leads to GERAD.

in January 2006. “I specialize in chemical and biochemical process control. In this area, we can learn tremendously from optimization researchers at GERAD and also from game theory specialists. Personally, I need my colleagues at GERAD to test the tools that we develop and to help define our problems mathematically.”

Two categories of problems

Michel Perrier explains that control problems fall into two categories. The first category comprises regulation problems. A system tries to maintain certain variables at given values (set-points) taking into account changing conditions and constraints that tend to pull the system away from its target value. For instance, the air conditioning system in an office or a factory targets an ideal temperature and humidity level for both the workers and the materials used and the finished products. The changing conditions include equipment operation, human presence, and the weather outside. The constraints include worker well-being, the condition of the materials used and the manufactured products, costs, profits, and more.

...Michel Perrier from page 7.

The second category comprises servo-mechanism systems. “In this type of problem, we try to follow the trajectory while the target changes over time. How do you make the control system take a moving target into account? In short, the generation of decision-making elements differs depending on whether one is in the regulation or the servomechanism mode.”

In this second category, optimization comes into play particularly in the determination of the trajectories. Constraints have to be identified and prioritized, and some of these constraints are even cultural. In winter, for example, in Quebec we expect to have a room temperature of at least 21°C, whereas in Europe, people are very often satisfied with a temperature of 18°C or even less. Michel Perrier points out that for industrial processes, the priority of constraints is established based on the following order: 1) worker safety, 2) environmental protection, 3) product quality, 4) production levels. In other words, if safety and environment constraints must be ignored in order to obtain a desired superior quality and productivity, the industry must be prepared to put up with less than optimal quality and productivity.

Control systems are everywhere – they are even known as the “hidden technology” in that they go unseen until they fail. A fighter plane, for example, simply cannot fly without its highly sophisticated control systems. The same applies for modern cars that are equipped with ABS brakes, cruise control, variable suspension systems, and many mechanisms that enhance efficiency and pollution control. Indeed, thanks to control systems, cars in the 90s caused ten times less pollution than cars in the 70s. What is more, the areas of application of control systems are growing exponentially, and go from the health sciences and pharmacology industries to systems biology, the aerospace industry, and much much more.

Chemical and biochemical reactors

Michel Perrier is particularly interested in problems related to chemical and biochemical reactors. The objective of a bioreactor, for instance, is to maintain cells in a confined environment and in a given physiological state so that the environment will be conducive to production of therapeutic molecules, for example. Since they are living systems, they are very complex. Chemical reactors are already very difficult to optimize, and when they are also alive, they are even more complex. A bioreactor, for example, can be used to produce an element in the production chain of a new medicine.

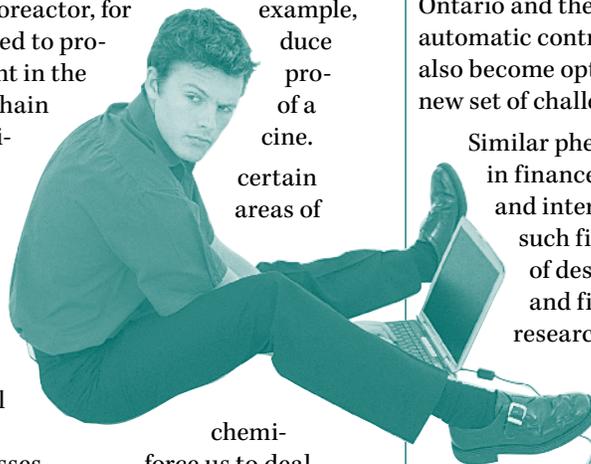
“Unlike other optimization,” notes Michel Perrier, “chemical and biochemical processes force us to deal with situations in real time. Our work does not consist in optimizing the model that could then be applied to a real problem, but rather in optimizing the process itself. The fact that we work on line adds an additional and particularly heavy constraint. If we make a mistake, we often have to start all over again from scratch.”

Michel Perrier has been a professor at École Polytechnique de Montréal since 1993. Before that, he worked for seven years on control systems in the petrochemical and pulp and paper industries and in the biotechnology sector. Michel Perrier earned his Master’s in Engineering from École Polytechnique and his PhD from McGill. 

...Peter Caines from page 6.

thing could be foreseen, and automatic control specialists were beginning to twiddle their thumbs. Electricity market deregulation and the energy crisis in a context of interconnected power grids then came and shook everything up. Electricity generated at James Bay is now being sold in Florida and this inevitably brings about instability and the possibility of major power outages, such as the one on August 14, 2003 in Ontario and the Midwest. As a result, automatic control people, who have also become optimizers, have a whole new set of challenges.

Similar phenomena are occurring in finance, telecommunications and internet, biology, and other such fields. The impossibility of designing a centralized and fixed control forces researchers to think in more manageable terms of non cooperative or partially cooperative subsystems and in terms of... game theory. But that is another story that will be dealt with in another GERAD Newsletter. 



When **great problems** and **great theories** meet

“When you want to solve a real problem in control, that is a problem that is worthwhile solving, you will end up formulating it as an optimization problem,” says **Shie Mannor**, Assistant Professor in the Department of Electrical and Computer Engineering at McGill University and a GERAD member since 2004. The relationship between control and optimization is thus no mystery for him. “If you really want to control something, the problem will often be written down as one of optimization.”

Shie Mannor adds that automatic control has included an element of optimization for at least the past 25 years. “I tell my electrical engineering students that there are two pillars to everything I do: probability and optimization. People who specialize in optimization provide us with tools and theory that are very useful for us. In return, we provide them with great problems to solve,” he says with a smile, citing robust optimization as an example.

In a nutshell, robust optimization consists in finding solutions that are best on the worst case. In the robust control framework, we look for controllers or control policies that are the best for the worst possible system. Preparing for the worst case scenario might lead to overly conservative solutions that can be costly and inefficient in most cases. This has led to the development of the notion of “quasi robustness”, in which solutions that are less than optimal against the worst case, but usually quite good are acceptable. It incorporates the concept of risk in a reasonable way.



Mission critical or not?

“When a system is not absolutely mission critical, such as an automobile suspension systems, we can put up with the odd bump in the road if it means that the system will cost twenty dollars less. On the other hand, a mission critical system, like a power grid, cannot tolerate such risk. Theories of optimization and probability thus come into play in control systems. Control is no longer just algebra and analysis.”

Automatic control systems, according to Shie Mannor, also lead necessarily to game theory. “In every large control problem raised in the past fifteen years, there are multiple stakeholders, or agents, trying to make decisions and these decisions affect each other. I am not a game theorist per se, but I use game theory to model engineering and control situations.”

With all this common ground shared with optimization researchers, it is not surprising that Shie Mannor became

...Shie Mannor from page 9.

a member of GERAD soon after joining the McGill engineering faculty in 2004. After post doctoral studies at MIT as a Fulbright Scholar and a doctorate from the Technion in his native Israel, he came to Montreal because he liked the city and the university. At McGill, he has a tier-two Canada Research Chair in Machine Learning. At a network control and game theory seminar in 2004, Shie met GERAD's current director Roland Malhamé, who invited him to join the research centre.

"It's the kind of project I like, because industry has real problems. They need our mathematical and theoretical input and in return they provide us with the data that, otherwise, we could never obtain."

Professor Mannor divides his research interests into two categories: work that he is doing and work that he wants to do. In the first category, he mentions two large projects that are underway.

One involves battery power management for laptops. The challenge is to find a reasonable control for saving the battery so that a four-hour capacity battery can appear to last up to six hours to the user. The optimal time to turn on the screen saver or throttle down the CPU must be found, and at the same time the user's behaviour and his or her tolerance threshold must be taken into account. This involves machine learning and predicting how the user will behave in the future. Though the battery will have the same capacity as before, it would appear to have a larger capacity because the laptop is obviously not in uninterrupted use for the whole time.

This project started small, notes Shie Mannor, but it has become a very large project in collaboration with Intel Research of California. "It's the kind of project I like, because industry has real problems. They need our mathematical and theoretical input and in return they provide us with the data that, otherwise, we could never obtain. A researcher simply cannot deploy eighty laptops to users

and obtain data, whereas for a large IT company, that is not a big deal. A project like this is not feasible for an academic alone. Moreover, in this case, there is no problem about publishing the results of the research."

Shie Mannor is also working on a Collaborative Research and Development Plan with Nortel Networks that involves interesting long-term decision-making and control problems. How should the company allocate its resources, how much bandwidth needs to be created, how much money should be spent on activating wires, and where should the wires

be put. These complex decisions will significantly impact future profits and thus require a lot of prediction. Analysis of the past simply does not solve the problem. Though hindsight is 20/20, it cannot guarantee the accuracy of predictions. "Establishing future demand and costs thus requires a combination of prediction and optimization with almost immeasurable amounts of data. It is a challenge at both the mathematical and modeling levels."

Improve with experience

In the second category of research projects (i.e., what he wants to do), Shie Mannor speaks enthusiastically about his lab that will soon be available under a Canadian Foundation for Innovation grant (CFI). The all-computer lab – contrasted with the conventional control lab with its circuits and switches – will be used to integrate adaptive control and machine learning into IT intensive applications. Machine learning, which overlaps with statistics, focuses on predicting the future based on the past and thereby improving prediction with experience.

"I believe that as a system becomes more complex, there are more decisions to be made," says Shie Mannor. "And the more the decisions are distributed, the tougher

it is to decide. Instead of trying to think of every contingency, why not try to think of how to improve. The goal will therefore be to build IT systems that improve as they go along, make things better, learn from experience, adapt, and become more robust. That's what we are going to do in the lab."

His approach resembles that of a carpenter who learns as an apprentice that it is better to measure twice and cut once. Much frustration and waste can be avoided. "On big networks, you cannot hope to see everything, and decisions will be taken very rapidly. That is why it is better to be proactive and take the time to think out your strategy." Applications will interest telecommunications companies who must decide on routing of information, data base companies deciding where to store data, and many more. 

Anita Beauchamp

celebrates 25 years at GERAD

She saw it grow up

What corporation, what school, faculty or institution could survive without cultivating and preserving a certain organizational memory? Some have tried to ignore such imperatives and had to learn the hard way. The NASA admitted that its inability to send people to the moon again stemmed from its “failing memory”?

Anita Beauchamp, who recently celebrated her 25 years of service at GERAD – shortly after GERAD celebrated its 25th anniversary – could be described, among other things, as the GERAD’s living memory. The words “among other things” are carefully chosen, because Anita Beauchamp is much more than that.



When the first computer arrived, the question was who could get their hands on it first, recalls Anita. You could not leave it for even a minute without somebody coming and taking over. “Once I had worked for several hours on a text when Mr. Haurie wanted to consult a file on the computer. In no time and before I had time to save the work, he did some manoeuvre that erased all the work I had done. Mr. Haurie was terribly sorry, and I was devastated. However, from that point on we systematically installed an automatic data save command on all computers.”

Anita is an Acadian from New Brunswick – her maiden name is Légère – and she studied first in French and then in English in a small town near Fredericton. She moved to Montreal in 1970. In 1976, after maternity leave from her secre-

tarial job in research at the Quantitative Methods Department, then headed by Alain Haurie, and with a young daughter at home, she started to take contracts from HEC’s research department. In 1981, her daughter Geneviève and her son Mathieu, born in 1978, were at school age, and so she was ready to gradually join the work force again. Lise Lessard, Alain Haurie’s secretary in HEC’s Quantitative Methods Department, told her that Mr. Haurie was looking for a secretary for his new research centre. She thus began at GERAD in July 1981, working two and a half days a week. However, it soon became obvious that that was not enough, and so in September 1981, Anita started working full time at GERAD. She has not stopped since.

“Those were the days when the centre ran mainly on a lot of good will and very little money,” recalls Anita. “In all, we had a budget of about \$100,000 a year. Each month, the accounts had to be carefully balanced. I had to manage it just like a concerned mother would.” In comparison, in 2006, she notes, GERAD manages an infrastructure budget of about \$600,000 a year and a grant budget for researchers from HEC of about \$1.2 million a year. This does not include the grants to the researchers from the member institutions that are not managed by GERAD, but which are included in the annual report.

Anita also remembers how small the offices were and how it was a problem when

Anita has many anecdotes about GERAD, from the time she was a secretary “parked in the closet” at 5000 Decelles, GERAD’s first office, until today. Together they provide an excellent idea of the ground covered by the research centre that germinated in the mind of Alain Haurie and a few other professors before becoming an internationally renowned centre. Who can imagine today what an ordeal it was early in the 80s to produce scientific publications that had to be typed on the one and only electric typewriter at GERAD. Each time the typist encountered a mathematical symbol – not an infrequent occurrence at GERAD – she had to change the little ball that whirled about and printed the characters on the paper.

...Anita Beauchamp from page 11.

GERAD started up. “GERAD has always been seeking more room to provide professors and researchers with offices in a common spot. It got better at 3535 Queen Mary, GERAD’s headquarters from 1984 to 1994, first on one floor and then on three.”

Having seen how the spirit of collaboration has flourished over the years thanks to the common offices that favour team work, Anita insists on the importance for a research centre like GERAD to be able to provide offices to members from other institutions. She points out that even in today’s world in which Internet and IT encourage people to work in other venues, nothing can replace real human contact.

Anita Beauchamp joined GERAD as a secretary and found herself flooded with a growing volume of work as the group expanded. “Expansion was overwhelming and I was overwhelmed,” she says with a



GERAD keeps Anita Beauchamp very busy, but she always has time for her two grand sons Laurent and Émilien.

A major source of satisfaction for Anita is to have seen young GERAD students become full-fledged professors and researchers with international reputations and to see them starting to take command of GERAD themselves.

smile. In 1987, Nicole Paradis joined her to help with publications and editing, and then Carole Dufour was hired as secretary to the director when Anita moved to her new position as administration agent. Finally, Francine Benoit joined the group in 1992 as publications technician. This became the administration team that oversaw GERAD’s expansion in the 90s and its move in 1994 to its current offices in the André-Aisenstadt pavilion. For Anita, however, the challenge was to learn how to dispatch work instead of doing it all herself as she had done before.

In going from the days of “a lot of good will and very little money” to today, GERAD has earned its colours. “The progress can be observed by the recognition

given by the research granting agencies like the FQRNT and the NSERC. Now, they all recognize the importance of GERAD on the international level.”

A major source of satisfaction for Anita is to have seen young GERAD students become full-fledged professors and researchers with international reputations and to see them starting to take command of GERAD themselves. “That is very impressive!” She is also glad to follow their progress and the evolution of their research in the GERAD Newsletter, since her current administrative work does not allow her to do so as much as when, to use her own words, “I used to do everything”. 

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 2006
Bibliothèque nationale du Québec

Reproduction authorized with
acknowledgement of source.