

# Éditorial par Gilles Caporossi

**2013** est l'année internationale des mathématiques de la planète Terre, une initiative destinée à rappeler le lien entre les mathématiques et notre planète. Le GERAD étant associé à cette initiative, nous avons décidé de souligner l'événement en lui consacrant ce bulletin. Le sujet est vaste et la plupart des travaux effectués au GERAD sont directement ou indirectement associés à cette thématique.

Faute de pouvoir être exhaustifs, nous avons fait le choix de ne présenter ici que quelques applications des mathématiques à des problèmes touchant l'écologie, l'énergie ou le développement durable.

De la théorie des jeux à la programmation stochastique, diverses facettes des recherches au GERAD sont appliquées à la question de la gestion de l'énergie, des changements climatiques ou de la protection de l'environnement.

Ainsi, Olivier Bahn et Camille Fertel s'interrogent sur les changements climatiques et posent la question de l'attitude à adopter, à savoir s'il vaut mieux s'adapter ou essayer de les réduire. La question de la protection de l'environnement est au centre de l'article de Michèle Breton et Georges Zaccour qui s'intéressent à l'utilisation de la théorie des jeux dans les accords internationaux. Dans un contexte où l'émission de gaz à effet de serre est préoccupante, Brigitte Jaumard expose les approches utilisées pour minimiser la consommation des trains de marchandises, ce qui les rendrait plus attrayants que les camions plus polluants. Avec des motivations similaires, mais dans le domaine de la production de l'énergie, Stéphane Krau présente les défis que pose une bonne gestion des ressources hydriques du Québec. Finalement, dans un monde où l'informatique et les télécommunications deviennent prédominants, Brunilde Sansò montre comment améliorer les performances énergétiques des réseaux de télécommunications et les rendre plus verts.

## Sommaire

- 2 Faire face aux changements climatiques : atténuer ou s'adapter?
- 3 Accords internationaux pour la protection de l'environnement : une approche ludique
- 4 Minimisation de la consommation énergétique des trains de marchandises
- 5 La gestion des systèmes hydriques : un défi pour la recherche opérationnelle
- 6 Réseaux verts de télécommunications
- 8 GERAD en bref

# Faire face aux changements climatiques : atténuer ou s'adapter?

Olivier Bahn et Camille Fertel

Les changements climatiques (CC) sont l'un des plus grands défis auxquels nous devons faire face au cours du 21<sup>e</sup> siècle. Selon le groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), les changements climatiques auront des impacts principalement négatifs sur les écosystèmes et les services environnementaux qu'ils fournissent (en termes de biodiversité, par exemple), mais aussi sur nos sociétés (en affectant la santé humaine, par exemple). Au Canada plus précisément, la Table Ronde sur l'Environnement et l'Économie (TRNEE) évalue ces dommages au total à environ 5 milliards de dollars par année en 2020, qui pourraient atteindre jusqu'à 43 milliards de dollars par année vers 2050.

Pour faire face à ces menaces, la stratégie traditionnellement retenue est celle dite de l'atténuation (des CC), qui vise à réduire les émissions de gaz à effet de serre (GES) liées aux activités humaines. Au Canada par exemple, le gouvernement fédéral cherche à réglementer les émissions dans certains secteurs, comme dans celui de l'électricité où une réglementation impose des normes d'émissions plus restrictives pour les nouvelles centrales au charbon. Dès 1992, la Convention-cadre des Nations-Unies sur les changements climatiques a en effet appelé à « stabiliser (...) les concentrations de GES dans l'atmosphère à un niveau qui empêche toute perturbation anthropique dangereuse du système climatique ». Dans cette perspective, le protocole de Kyoto (1997) a fixé pour les pays développés des cibles de réduction des émissions. Plus récemment, l'Accord de Copenhague (2009) reconnaît l'importance de réduire drastiquement les émissions de GES afin de limiter la hausse des températures mondiales à 2°C, mais sans fixer de cibles contraignantes. Pourtant, malgré toutes ces mesures, les émissions mondiales de GES continuent à augmenter, ainsi que les concentrations atmosphériques de GES.

Dans ce contexte, et puisque de futurs CC semblent désormais inévitables, les stratégies dites d'adaptation aux CC deviennent une composante de plus en plus importante des politiques climatiques. Contrairement aux mesures d'atténuation, les mesures d'adaptation ne visent pas la réduction des émissions de GES, mais à fournir des stratégies pour faire face efficacement aux effets des CC, et ce, en réduisant leurs impacts négatifs. Les stratégies d'adaptation couvrent un large éventail de secteurs et d'options, par exemple : la mise en place de nouvelles cultures agricoles mieux adaptées aux nouvelles conditions climatiques attendues ou avérées, ou encore la construction ou le renforcement de digues maritimes pour protéger les villes côtières de l'élévation attendue du niveau des océans. Au Canada, la TRNEE distingue des stratégies d'adaptation en matière d'approvisionnement forestier, de régions côtières, de santé humaine et d'écosystème. Plus précisément, deux types de stratégie d'adaptation peuvent être envisagés. Les stratégies réactives correspondent aux

stratégies mises en place en réaction à des impacts déjà existants; par exemple : la sélection de semences résistantes à la sécheresse ou à des pénuries d'eau récurrentes. Les stratégies proactives correspondent quant à elles aux mesures préventives que l'on peut prendre avant la survenue d'impacts; par exemple : entreprendre une campagne de vaccination pour se prémunir contre une éventuelle épidémie selon un principe de précaution.

Les modèles d'évaluation intégrée (MEI) sont des outils qui combinent des éléments clés de l'économie et de la biophysique des systèmes, éléments qui déterminent le phénomène des CC anthropiques. Les MEI sont utilisés pour l'élaboration et l'évaluation de politiques climatiques. Ils permettent en particulier d'évaluer les proportions optimales et la dynamique temporelle des mesures d'adaptation et d'atténuation. Dans une étude<sup>1</sup> récemment réalisée en collaboration avec le professeur Marc Chesney et Jonathan Gheysens de l'Université de Zurich (Suisse), nous avons montré, à l'aide d'un MEI de complexité intermédiaire conçu au GERAD, que plus les stratégies d'adaptation se montrent efficaces à réduire les effets négatifs des changements climatiques, plus il est justifié du point de vue de la rationalité économique d'y avoir recours, mais ceci au détriment des efforts de réduction des GES. Ainsi, un recours plus important à l'adaptation entraînerait une hausse des émissions de GES à court et moyen terme. D'autres travaux sont en cours au sein de l'équipe Énergie et Environnement du GERAD (E2G) pour évaluer les stratégies d'adaptation grâce à des MEI plus complexes (représentant mieux les dynamiques économiques et climatiques), afin d'avoir des résultats plus précis quant aux niveaux optimaux des mesures d'adaptation et d'atténuation.

Il n'en demeure pas moins que le recours aux stratégies d'adaptation peut s'avérer délicat. Car s'il est possible de s'adapter efficacement à des changements climatiques graduels, il n'en est vraisemblablement pas de même pour des changements climatiques dits « abrupts ». Ces derniers correspondent à des changements de régime climatique rapides et potentiellement irréversibles. De tels changements pourraient survenir avec une hausse de température de 2°C, seuil reconnu comme dangereux par l'Accord de Copenhague en 2009. Les politiques climatiques devraient donc certes mettre en œuvre localement des stratégies pour s'adapter aux inévitables effets des changements climatiques, mais sans négliger pour autant les efforts de réduction des émissions mondiales de GES afin d'éviter de subir dans le futur des changements climatiques trop drastiques. ■

<sup>1</sup> BAHN, O., CHESNEY, M., GHEYSSENS, J. (2012). "THE EFFECT OF PROACTIVE ADAPTATION ON GREEN INVESTMENT", ENVIRONMENTAL SCIENCE AND POLICY, VOL. 18, PP. 9-24.

Olivier Bahn  
*Service de l'enseignement des méthodes quantitatives de gestion  
HEC Montréal et GERAD*

Camille Fertel  
*HEC Montréal et GERAD*

# Accords internationaux pour la protection de l'environnement : une approche ludique

Michèle Breton et Georges Zaccour

Depuis une vingtaine d'années, les problèmes environnementaux transfrontaliers, comme par exemple le réchauffement climatique, les pluies acides, l'exploitation des zones de pêche et de la forêt tropicale, préoccupent les décideurs et les chercheurs de nombreuses disciplines. En raison de leur envergure internationale, on convient aujourd'hui qu'un effort concerté de tous les pays est nécessaire pour traiter sérieusement et efficacement ces problèmes, notamment à travers l'utilisation d'accords environnementaux internationaux (AEI). Plusieurs accords ont été signés et ratifiés par de nombreux pays au cours des 60 dernières années (voir par exemple les statistiques recueillies dans le cadre du « IEA Database project » disponibles à <http://iea.uoregon.edu/>). De nombreuses raisons sont mentionnées pour justifier la nécessité de tels accords, dont les principales sont l'efficacité technique et économique des actions concertées, et la caractéristique de bien commun des ressources environnementales.

Malgré la simplicité de ces arguments, la conception et la mise en œuvre d'un AEI n'est tout de même pas une tâche facile. L'exemple suivant en est une illustration très synthétique. Supposons que deux pays souffrent actuellement de problèmes environnementaux et envisagent la possibilité d'une action visant à éliminer une source de pollution. Supposons que le coût de l'élimination du polluant est de 3, alors que le coût résultant de la pollution, supporté par tous, est de 2 par pays polluant. Si les deux pays décident d'éliminer le polluant, chacun supporte un coût de 3; si les deux pays décident de ne rien faire, chacun supporte un coût de 4, alors que si un seul pays élimine le polluant, le coût supporté par ce dernier est de 5 (3 + 2) alors que le coût pour le pays pollueur est de 2 (voir le tableau ci-dessous, où le premier nombre de chaque cellule est le coût du pays 1, et le second le coût du pays 2).

Pays 1	Pays 2	
	Dépolluer	Polluer
Dépolluer	3,3	5,2
Polluer	2,5	4,4

Il est facile de voir que « polluer » est une stratégie dominante pour les deux pays, c'est-à-dire que cette stratégie est celle qui occasionne à chaque pays le coût le plus bas, quelle que soit la stratégie utilisée par l'autre. La conclusion est que l'unique solution de ce jeu (appelée équilibre de Nash dans le jargon de la théorie des jeux) est le couple de stratégies (polluer, polluer). Ce jeu, connu sous le nom du dilemme du prisonnier, est l'un des exemples les plus célèbres en théorie des jeux. Il permet d'illustrer très simplement comment des décisions rationnelles prises par des joueurs égoïstes conduisent à un coût plus élevé (4) que ce qui pourrait être atteint par une décision conjointe (3 si tous deux choisissent d'éliminer la pollution). La question qui occupe les théoriciens des jeux depuis plusieurs années est la suivante : Comment peut-on

mettre en œuvre le résultat efficace (3, 3) en l'absence d'une autorité externe qui serait en mesure de l'imposer?

La conception d'un accord environnemental international partage de nombreuses caractéristiques avec le jeu du dilemme du prisonnier. Tout d'abord, le bien-être d'un pays ne dépend pas seulement de ses propres politiques environnementales, mais aussi de celles des autres pays. En outre, chaque pays a intérêt à laisser aux autres le soin de participer à l'accord et de supporter les coûts des politiques qui y sont prévues, tout en bénéficiant des avantages environnementaux globaux en résultant (resquillage). En outre, comme il n'existe pas de juridiction supranationale qui puisse imposer une stratégie collective appropriée, l'adhésion à un AEI est nécessairement sur une base volontaire. Par ailleurs, la conception d'un AEI fait intervenir d'autres complexités, telles que l'incertitude (par exemple, sur la sensibilité du climat, le coût des mesures environnementales, les conséquences à long terme, les innovations technologiques), l'asymétrie des joueurs (objectifs contradictoires, vulnérabilité aux changements climatiques) et la question de la responsabilité (par exemple, qui est responsable de la situation actuelle, et qui doit supporter le coût des mesures environnementales).

Une importante littérature en théorie des jeux s'est développée au cours des deux dernières décennies, portant sur la façon de concevoir et de mettre en œuvre des accords environnementaux. Cette littérature se divise en deux courants principaux. Le cadre méthodologique dans le premier courant est celui de la théorie des jeux coopératifs, c'est-à-dire qu'on suppose implicitement que les joueurs acceptent de coopérer et de se coordonner, et qu'ils sont tenus de respecter leurs engagements. Dans ce cas, le problème est abordé en deux étapes. Tout d'abord, la solution collectivement souhaitable est obtenue, c'est-à-dire qu'on détermine les stratégies (niveaux d'émissions ou d'extraction, efforts de réduction ou de régénération, investissements dans des technologies vertes, etc.) optimisant le bien-être commun. Dans un deuxième temps, un partage du coût ou du bénéfice collectif est établi entre les joueurs à partir de l'un des concepts de solutions des jeux coopératifs (il s'agit de mécanismes de partage généralement basés sur une série de propriétés souhaitables), et ce partage est mis en œuvre par l'intermédiaire d'un système de paiements latéraux.

La seconde voie de recherche adopte le point de vue des jeux non-coopératifs, ce qui suppose que les joueurs ne sont pas contraints par leurs engagements (ou qu'il n'y a pas d'institution supranationale en mesure d'imposer le respect d'un AEI) et qu'ils agissent dans leur propre intérêt. Dans ce cas, les accords sont signés par des coalitions de pays qui adoptent volontairement une politique environnementale commune.

... suite à la page 7



# Minimisation de la consommation énergétique des trains de marchandises

Brigitte Jaumard

Dans l'édition du mois d'octobre 2012 du *Scientific American*, Chris Nelder écrit : « The Rail built America in the 19th century and now it may be poised for a massive resurgence in the 21st century as high fuel prices make it competitive again ». Bien qu'il soit difficile de prédire les prix du carburant, les coûts sont à la hausse, et les coûts de transport augmentent en raison de la hausse des prix du gaz. Pour les entreprises nord-américaines de fret ferroviaire, le coût de carburant est la plus grosse dépense, et vient avant le coût de la main d'œuvre. Il est donc d'une importance extrême d'optimiser la consommation d'énergie des trains : tel est l'objectif de l'un des projets de recherche du Dr. B. Jaumard. Elle a incité les dirigeants de l'industrie des trains à discuter de la possibilité d'utiliser le gaz naturel, plutôt que le diesel, pour alimenter les trains. Dr. B. Jaumard a récemment reçu une subvention de Transports Canada sur la minimisation de la consommation d'énergie des locomotives de ligne selon deux scénarios différents d'énergie pour la propulsion des locomotives (diesel, gaz naturel).

Il existe différentes directions à explorer afin de minimiser la consommation d'énergie. En effet, la hausse du prix du diesel, qui est près de quatre fois plus élevé aujourd'hui qu'en 1999, oblige les expéditeurs à chercher un mode de transport plus économique en termes de carburant. Selon une étude réalisée en 2009 par la « Federal Railroad Administration », la consommation de carburant du transport ferroviaire varie de 66 à 218 tonnes-kilomètres par litre, alors que la consommation de carburant du transport routier varie de 29 à 57 tonnes-kilomètres par litre. En outre, l'efficacité de la consommation de carburant du transport ferroviaire, qui s'est améliorée d'environ 20 % (1,1 % par an) entre 1990 et 2006, s'est développée à un rythme beaucoup plus rapide que celle du transport routier.

Une grande partie du gain est due aux améliorations technologiques. Les chemins de fer ont adopté des contrôleurs électroniques dans les locomotives, y compris des capteurs avancés et des diagnostics de panne, de meilleurs mélanges de carburant diesel et de combustion, des systèmes de refroidissement qui maintiennent le moteur à une température optimisée, ainsi que le remplacement des moteurs à courant continu par des moteurs à courant alternatif, et de meilleurs systèmes de contrôle et de communication.

Une autre direction, qui est actuellement étudiée par le Dr. Jaumard, est la conception et le développement d'outils qui aideront à réduire la consommation d'énergie des locomotives grâce à l'optimisation des vitesses de croisière, de l'horaire des trains et des temps arrêts des locomotives (qui sont reconnus pour être responsables d'émissions de carbone, estimés à 6,5 % de l'énergie du fret ferroviaire).

Au cours de sa collaboration avec CP qui dure depuis près de trois ans, B. Jaumard a co-encadré, avec le Dr. A. Agkunduz, le mémoire de maîtrise de T.H. Le, sur la conception d'un modèle et d'un algorithme très complet pour l'horaire des trains. T.H. Le a développé des outils de simulation et d'optimisation qui englobent plusieurs contraintes qui n'ont jamais été considérées jusqu'ici dans les articles de la littérature : sélection des trains qui prennent les voies d'évitement, des voies doubles isolées, la capacité (nombre de voies supplémentaires) des stations et des voies d'évitement, le décalage des horaires de départ des trains et son impact sur les durées moyennes de déplacement des trains ainsi que la variation de la vitesse des trains en tenant compte des différentes limites de vitesse et du ralentissement ou de l'arrêt lors du croisement d'autres trains. Les outils de simulation et d'optimisation ont été largement testés sur des données de CP et les résultats ont suggéré différents moyens d'améliorer la gestion des trains, afin de réduire la durée moyenne des trajets.

Après avoir complété son mémoire de maîtrise, T.H. Le travaille maintenant sur l'amélioration des premiers outils développés par rapport à l'optimisation des vitesses de croisière, en tenant compte de la charge des trains et des caractéristiques des systèmes de freinage afin de minimiser la consommation de carburant. Son projet de recherche est coordonné avec un autre projet de recherche de doctorat, également sous encadrement conjoint des Drs. Jaumard et Agkunduz, sur l'optimisation de l'affectation des locomotives aux trains afin de réduire les coûts d'opération, y compris le coût du carburant qui en est la principale composante. Les contraintes d'entretien sont également prises en compte, qu'elles soient exprimées en termes du nombre de jours d'opération ou du kilométrage des locomotives.

Un autre objectif du projet de recherche est d'estimer les émissions de gaz à effet de serre du gaz naturel par rapport au diesel pour les systèmes ferroviaires. En dépit des déclarations contradictoires sur les effets sur la santé et l'environnement pour le gaz naturel vs. le diesel, le gaz naturel apparaît comme une source d'énergie qui est un choix judicieux dans la lutte contre le changement climatique pour des raisons économiques, à savoir la hausse des prix du diesel. C'est également une bonne étape de transition dans le domaine du transport vers les énergies à faible émission de carbone comme, par exemple, l'hydrogène.

Les outils d'optimisation qui sont utilisés comprennent une combinaison de techniques d'optimisation pour les problèmes de très grande taille, d'heuristiques et de méta-heuristiques afin de résoudre les modèles mathématiques complexes associés à la confection des horaires de trains et à l'affectation des locomotives de façon à minimiser la consommation d'énergie.

... suite à la page 7

# La gestion des systèmes hydriques : un défi pour la recherche opérationnelle

Stéphane Krau

Le Canada compte plus de lacs que tout autre pays, soit environ 2 millions de lacs couvrant 7,6 % du territoire. Ces lacs forment avec les rivières des systèmes hydriques dont la majorité n'est pas contrôlée. L'eau s'y écoule naturellement. Pour les systèmes hydriques contrôlés, les exploitants déterminent les débits à la sortie des ouvrages contrôlables (barrages, digues) selon des politiques de gestion qui varient selon les fonctions des systèmes hydriques. Pour les Grands Lacs, par exemple, la gestion de l'eau vise à assurer la navigation. Pour les grands complexes hydroélectriques gérés par Hydro-Québec (Manic, La Grande, Churchill Falls), il s'agit d'accumuler l'eau de façon optimale dans d'immenses réservoirs afin de garantir une fiabilité énergétique du Québec sur plusieurs années. Pour des systèmes hydriques proches de zones habitées, deux objectifs contradictoires sont pris en compte : minimiser les risques d'inondations et maintenir élevés les niveaux des réservoirs pour les activités de plaisance durant l'été.

Les problèmes de gestion n'auraient pas la même envergure s'ils n'étaient soumis à de multiples sources d'aléas. L'aléa des apports naturels est celui qui influe le plus sur la gestion des systèmes hydriques. Les exploitants des systèmes hydriques s'adaptent en continu à cet aléa en « rafraîchissant » continuellement leurs décisions. Ils utilisent pour cela des outils d'aide à la décision alimentés par des scénarios d'apports prévisionnels.

Il y a deux classes d'outils d'aide à la décision qui sont utilisées. Les modèles de simulation et les modèles d'optimisation.

Les modèles de simulation ont l'avantage d'être rapides d'exécution et de pouvoir intégrer avec précision toutes les caractéristiques d'un système hydrique. À partir de règles de décisions qu'on leur donne, ils simulent la gestion du système hydrique à partir de plusieurs réalisations des aléas (les apports naturels, la demande en énergie, les bris d'équipements). L'outil de simulation a ses limites quand l'exploitant fait face à des situations de grandes incertitudes comme c'est le cas, par exemple, durant les crues du printemps au Québec. Lorsque le domaine des soutirages possibles est grand et celui des événements d'apports est complexe, l'exploitant a du mal à fournir aux modèles de simulation des règles de décision de qualité. Les exploitants n'ont alors d'autres choix que de se tourner vers les modèles d'optimisation.

Les modèles d'optimisation calculent des décisions de gestion à partir d'une représentation mathématique simplifiée. Plus cette représentation mathématique est proche de la réalité, meilleures sont les règles de gestion calculées, mais plus cela coûte en temps de calcul. Dans un contexte opérationnel, le choix du modèle d'optimisation relève d'un compromis entre la qualité de la solution et son coût pour l'obtenir. Il y a en ce sens deux types de modèles d'optimisation : les modèles déterministes, qui sacrifient la prise en compte de l'aléa pour

une réponse rapide; les modèles stochastiques, qui prennent en compte explicitement l'aléa dans le calcul, mais qui sont beaucoup plus coûteux en temps de calcul.

Les modèles déterministes travaillent en avenir connu. Les décisions calculées le sont à partir d'une seule réalisation de l'aléa. Les exploitants des systèmes hydriques contraignent ces modèles pour leur éviter de produire des solutions trop optimistes, puisque calculés en avenir certain. Par exemple, ils introduisent des bornes sur la vidange des réservoirs pour être certains que, quel que soit le scénario d'apports utilisé, les critères de sécurité sur les réservoirs demeurent. Les exploitants lancent alors plusieurs fois le modèle d'optimisation en échantillonnant l'espace des aléas. Ils obtiennent alors autant de décisions que de réalisations d'aléa qu'ils ont choisies. Enfin, ils analysent ces décisions et décident de la gestion.

Les modèles d'optimisation stochastiques sont alimentés par une représentation statistique plus ou moins bonne des apports naturels, selon le type d'approche mathématique utilisé. Pour des systèmes hydriques ayant plus de deux réservoirs, une caractérisation acceptable de la variabilité spatio-temporelle des apports engendre déjà des programmes mathématiques de taille considérable. Dans le cas d'une gestion hebdomadaire (les décisions sont rafraîchies chaque semaine) sur un horizon d'un an, la variabilité spatio-temporelle des apports se représente généralement par un arbre multidimensionnel d'apports naturels hebdomadaires qui grossit exponentiellement avec le nombre de périodes (semaines). Par exemple, pour 10 valeurs d'apports probables par semaine, un système d'un seul réservoir engendre un arbre de scénarios d'apports naturels composé de  $10^{52}$  scénarios.

Le défi scientifique est donc de taille pour résoudre en avenir incertain la problématique de gestion d'un système hydrique comprenant plus de deux réservoirs. On retrouve trois approches dans la littérature. La première consiste à décomposer temporellement le problème d'optimisation. C'est le cas de la programmation dynamique stochastique et ses variantes qui résolvent une séquence de problèmes d'optimisation sur une période à la fois. La combinatoire demeure très élevée pour des systèmes hydriques même de taille modeste. On a alors recourt à la programmation dynamique approchée afin de repousser le problème de dimensionnalité. Cette dernière est très regardée dans les autres domaines de l'optimisation et de celui de l'intelligence artificielle. La seconde approche consiste à décomposer spatialement le problème. L'idée est d'agréger des réservoirs ensemble, de résoudre le problème de gestion des systèmes agrégés composés d'un ou deux réservoirs puis d'en déduire, à l'aide d'une heuristique adaptée au système hydrique, les règles de décision sur tous les réservoirs.

... suite à la page 7

# Réseaux verts de télécommunications

Brunilde Sansò

L'omniprésence et la forte croissance d'Internet ont un fort impact environnemental dû aux systèmes de télécommunications nécessaires à son fonctionnement ainsi qu'à la consommation énergétique d'énormes centres de données. En 2007, on estimait que l'impact environnemental de l'Internet et des technologies de l'information était équivalent à 2 % des gaz à effet de serre de la planète. Il s'agit d'une estimation probablement conservatrice, puisqu'il a été réalisé avant le grand boom des téléphones intelligents ayant multiplié par 30, sur une année, le trafic mobile. Qui dit trafic mobile, dit médias sociaux et donc la transformation d'un trafic de plus en plus axé vers l'obtention de l'information, plutôt que vers la communication origine-destination. Ce nouveau phénomène a exacerbé la prolifération de centres de données qui sont, eux, des grands consommateurs d'énergie. Selon certaines estimations, le centre de données moyen consommerait l'équivalent de 25 000 ménages et ses émissions de CO<sub>2</sub> doubleraient d'ici l'année 2020. Même en excluant les centres de données, la consommation des fournisseurs de service Internet reste importante. En fait, une étude de 2009 montrait qu'un seul grand fournisseur pouvait consommer jusqu'à 10 TWh par année.

Pour faire face à cette problématique grandissante, le groupe LORLAB du GERAD, dirigé par Brunilde Sansò, se penche depuis quelques années sur des solutions afin de rendre plus verts les réseaux de télécommunications. Il s'agit de trouver des moyens plus écoénergétiques de planifier et de gérer les réseaux et les centres de données.

L'approche naturelle au cœur des réseaux des fournisseurs de service Internet est celle de faire « dormir » des éléments du réseau quand ils ne sont pas utilisés. La difficulté de ce genre d'approche consiste à faire en sorte que le réseau fonctionne quand même correctement et puisse fournir la qualité de service requise par les usagers en tout temps. Pour cela, nous avons envisagé des méthodes d'optimisation de la planification et la gestion de réseaux qui nous permettent de diminuer d'au moins 30 % la consommation journalière tout en garantissant la performance du réseau. Des approches « off-line » et « on-line » ont été développées.

Nous nous sommes également penchés sur la consommation des réseaux mobiles dont l'accès, composé essentiellement de stations de base, est responsable de 80 % de la consommation énergétique du réseau. Notre objectif a été de produire de nouvelles façons de planifier et d'opérer les réseaux pour

diminuer les CAPEX et l'OPEX relié à l'énergie. L'idée est de planifier en tenant compte de la gestion énergétique des stations de base, en combinant le choix de l'emplacement, le type de station de base, et la gestion optimale de l'énergie du système installé. L'approche permet de garantir la qualité de service tout en produisant des réductions de 30 à 50 % en consommation énergétique.

Pour ce qui est de la consommation d'énergie d'un centre de données, mentionnons qu'elle est due non seulement aux équipements tels les serveurs et routeurs, mais aussi à l'infrastructure de base, comme l'air conditionné et la transformation et la distribution d'électricité. La localisation des centres de données a alors un double impact sur la consommation énergétique. Les centres de données situés dans des régions froides peuvent utiliser l'air des environs pour réduire l'utilisation d'air conditionné. Les centres de données situés aux régions froides fournies par des énergies vertes permettent de réduire notablement la production de CO<sub>2</sub> qui résulte de l'opération du centre. En effet, les énergies éolienne et hydroélectrique émettent chacune 10 g de CO<sub>2</sub> pour chaque kWh, la géothermique produit 38 g de CO<sub>2</sub>/kWh alors que le diesel et le charbon émettent 778 g/kWh et 960 g/kWh, respectivement. En plus de la consommation et du type d'énergie, le positionnement des centres de données a un impact sur la qualité de service parce que les centres qui sont plus proches des utilisateurs ont moins de délais de propagation. Dans ce contexte, nous avons conçu un système d'optimisation multiobjectif, appelé Cloptimus, basé sur l'infonuagique qui fait le mapping des applications usager sur un système distribué de centres de données et qui considère tous ces aspects pour déterminer leurs positions optimales. Les planificateurs peuvent utiliser ce système pour évaluer les compromis entre le coût, le délai, la consommation d'énergie et les émissions de CO<sub>2</sub>. Le système optimise ensuite la gestion au niveau d'un centre de données pour pouvoir minimiser la consommation et l'impact écoénergétique de chaque centre de données. ■

Brunilde Sansò

Département de génie électrique  
Polytechnique Montréal et GERAD

Michèle Breton et Georges Zaccour viennent d'obtenir une subvention du CRSH (375 000 \$ sur 5 ans) pour traiter de l'exploitation viable de ressources naturelles renouvelables (forêts, pêcheries, environnement) dans un contexte où plusieurs agents indépendants ont la possibilité d'agir sur l'évolution du stock de ces ressources. L'objectif de ce programme de recherche est de concilier deux notions fondamentales : d'une part, la rationalité individuelle, selon laquelle les agents cherchent à maximiser leurs préférences économiques et sociales, et, d'autre part, le concept de viabilité, selon lequel les actions prises par ces agents ne doivent pas compromettre la survie et le bien-être des générations futures.

Plus précisément, les deux chercheurs visent à déterminer les conditions permettant d'atteindre des équilibres viables, au sens d'un développement durable, qui se matérialisent par des accords négociés acceptables pour toutes les parties impliquées et stables au cours du temps. En effet, bien que l'on reconnaisse l'importance d'un développement permettant d'assurer la survie et le bien-être des générations futures, il est très difficile d'arriver à des accords tels qu'aucune partie n'ait avantage à laisser aux autres la responsabilité et les coûts de la gestion durable, surtout lorsque l'état du système (stock de ressources, développement économique) évolue dans le temps. Le problème de la négociation d'un accord acceptable est encore plus difficile lorsque les parties en cause ont des intérêts immédiats divergents, ce qui est le cas par exemple pour des pays qui sont à des stades différents de leur développement économique.

... suite de la page 3

### Accords internationaux pour la protection de l'environnement : une approche ludique

Le concept de stabilité utilisé dans cette littérature est emprunté aux travaux portant sur les cartels en organisation industrielle : un AEI est stable si aucun membre de la coalition n'a intérêt à la quitter (stabilité interne), alors qu'aucun non-membre n'a intérêt à s'y joindre (stabilité externe).

Au cours des années, nous avons produit avec nos étudiants de Ph.D. et stagiaires postdoctoraux, ainsi qu'avec des collègues de différentes universités, plus de vingt articles portant sur la conception et la mise en œuvre d'accords environnementaux internationaux selon une perspective de théorie des jeux. Du côté des jeux coopératifs, notre contribution a consisté à proposer des mécanismes de paiements latéraux dynamiques (transferts monétaires), des stratégies incitatives de la forme « je me comporte loyalement aussi longtemps que vous faites de même », ainsi que d'autres mécanismes permettant de

soutenir la coopération au cours du temps, comme la mise en œuvre conjointe de projets d'investissement dans les pays en développement, les menaces crédibles permettant de dissuader la défection, etc. Du côté de l'approche noncoopérative, nous avons étudié les problèmes de la stabilité des AEI et de l'évolution temporelle de la taille des coalitions sous différents points de vue, à savoir les mécanismes de punition, la clairvoyance ou autres conjectures rationnelles, l'asymétrie entre les joueurs, et l'incertitude. ■

**Michèle Breton  
Georges Zaccour**

*Service de l'enseignement des méthodes quantitatives de gestion  
HEC Montréal et GERAD*

... suite de la page 4

### Minimisation de la consommation énergétique des trains de marchandises

Les modèles mathématiques correspondants peuvent contenir plusieurs millions de variables et plusieurs centaines de milliers de contraintes. Bien que l'horaire des trains et l'affectation des locomotives aient déjà été étudiés depuis plusieurs années, ils restent des problèmes d'optimisation très difficiles à résoudre pour les gros parcs de locomotives et de trains comme ceux du CP, où les trains opèrent sous différents fuseaux horaires, et avec une grande variété de topologies géographiques.

Selon toutes probabilités, la tendance vers le transport ferroviaire de marchandises va continuer sa croissance au cours des prochaines années. On estime que la part de marché du rail pourrait doubler d'ici 2035, avec plus de trains avec des conteneurs sur 2 étages, en considérant que les prix du carburant vont continuer à augmenter. L'avantage est évident : un train avec des conteneurs sur 2 étages peut remplacer 300 camions et permet d'économiser 285 000 litres

de carburant sur un trajet d'environ 3 200 kilomètres entre Vancouver et Toronto. La migration du transport routier vers le transport ferroviaire est particulièrement avantageuse pour l'expédition sur des distances supérieures à 800 kilomètres. En effet, plus la distance est grande, plus la différence de l'efficacité énergétique s'accroît. Cependant, la taille des systèmes ferroviaires est très grande, et ne peut être optimisée en utilisant des outils manuels, des techniques d'optimisation sont nécessaires. Les résultats préliminaires sont très encourageants; CP envisage d'intégrer certains des outils développés par l'équipe du Dr. Jaumard dans leurs propres outils de gestion des trains et des locomotives. ■

**Brigitte Jaumard**

*CSE – Computer Science and Software Engineering  
Université Concordia et GERAD*

... suite de la page 5

### La gestion des systèmes hydriques : un défi pour la recherche opérationnelle

La troisième approche s'attaque directement à l'arbre décisionnel issu de l'arbre de scénarios d'apports en utilisant des méthodes de décomposition par scénarios.

Il n'y a pas si longtemps, il existait un écart important entre les modèles d'optimisation développés dans le milieu académique et ceux utilisés par les exploitants. Bien que cet écart existe encore, il tend à se résorber. L'augmentation considérable de la puissance de calcul des ordinateurs a du reste joué un rôle prépondérant dans la

réduction de cet écart. Les exploitants de systèmes hydriques sont d'ailleurs de plus en plus impliqués dans la conception des modèles d'optimisation qu'ils visent à utiliser étant donné l'importance des enjeux sécuritaires et économiques liés à leurs décisions de gestion. ■

**Stéphane Krau**

*Département de génie civil  
Université de Sherbrooke  
Ancien étudiant du GERAD*



- G-2012-78 **Baptiste, P., Hertz, A., Linhares, A., Rebaine, D.**  
A Polynomial Time Algorithm for Unloading Boxes Off a Gravity Conveyor
- G-2012-79 **Hansen, P., Meyer, C.**  
A Polynomial Algorithm for a Class of 0–1 Fractional Programming Problems Involving Composite Functions, with an Application to Additive Clustering
- G-2012-80 **Curzi, L., Hertz, A., Lari, I.**  
A Repeated Sequential Elimination Algorithm for Finding an Upper Bound on the Clique Number
- G-2012-81 **Spliet, R., Desaulniers, G.**  
The Discrete Time Window Assignment Vehicle Routing Problem
- G-2012-82 **Vazquez, M. de L., Waaub, J.-Ph., Ilinca, A.**  
Coupling MCDA and GIS in a Decision Making Process for Wind Farm Projects Analysis – TIMED Approach
- G-2012-83 **Groiez, M., Desaulniers, G., Hadjar, A., Marcotte, O.**  
Separating Valid Odd-Cycle and Odd-Set Inequalities for the Multiple Depot Vehicle Scheduling Problem
- G-2012-84 **Vazquez, M. de L., Waaub, J.-Ph., Ilinca, A.**  
Territorial Intelligence Modelling for Energy Development (TIMED) – A Case Study for the Baie-des-Sables (Canada) Wind Farm
- G-2012-85 **Archetti, C., Bianchessi, N., Hertz, A., Colombet, A., Gagnon, F.**  
Directed Weighted Improper Coloring for Cellular Channel Allocation
- G-2012-86 **Mhada, F., Malhamé, R., Pellerin, R.**  
A Stochastic Hybrid State Model for Optimizing Hedging Policies in Manufacturing Systems with Randomly Occurring Defects
- G-2012-87 **Torabi, M., Frigon, J.-F., Sansò, B.**  
Performance Analysis of Adaptive Modulation in Multiuser Selection Diversity Systems with OSTBC over Time-Varying Channels
- G-2012-88 **Ghazanfari-Rad, S., Frigon, J.-F., Sansò, B.**  
Theoretical Framework for QoS Analysis of Differentiated Traffic in 802.11 WLANs
- G-2012-89 **Perea-Vega, D., Girard, A., Frigon, J.-F.**  
Dual-Based Bounds for Resource Allocation in Zero-Forcing Beamforming OFDMA-SDMA Systems
- G-2012-90 **Torabi, M., Haccoun, D., Frigon, J.-F.**  
Overview of AF Cooperative Systems with Relay Selection and Performance Results
- G-2012-91 **Torabi, M., Haccoun, D., Frigon, J.-F.**  
Impact of Outdated CSI on the Capacity of AF Opportunistic Relaying Systems with Adaptive Transmissions over Non-Identically Distributed Links
- G-2012-92 **Mhada, F.Z., Malhamé, R.P., Pellerin, R.**  
Unreliable Production Lines with Defective Parts and Inspection Stations
- G-2012-93 **Bolouki, S., Malhamé, R.P.**  
Ergodicity and Class-Ergodicity of Balanced Asymmetric Stochastic Chains
- G-2012-94 **Cloutier, M., Wellstead, P.**  
Dynamic Modelling of Protein and Oxidative Metabolisms Simulates the Pathogenesis of Parkinson's Disease
- G-2012-95 **Cloutier, M., Middleton, R., Wellstead, P.**  
A Feedback Motif for the Pathogenesis of Parkinson's Disease
- G-2012-96 **Wellstead, P., Cloutier, M.**  
Systems Biology of Parkinson's Disease – Chapter 2: Modelling and Simulation of Brain Energy Metabolism: Energy and Parkinson's Disease
- G-2012-97 **Cloutier, M., Wellstead, P.**  
Systems Biology of Parkinson's Disease – Chapter 7: Modeling Protein and Oxidative Metabolism in Parkinson's Disease
- G-2012-98 **Khaksar Toroghi, M.K., Goffaux, G., Perrier, M.**  
Nonlinear Backstepping Observer-Based Controller for Microalgae Cultivation
- G-2012-99 **Khaksar Toroghi, M.K., Goffaux, G., Perrier, M.**  
Output Feedback Passivity-Based Controller for Microalgae Cultivation
- G-2012-100 **Vazquez, M.L., Waaub, J.-Ph., Ilinca, A.**  
MCDA: Measuring Robustness as a Tool to Address Strategic Wind Farms Issues
- G-2012-101 **Wagneur, E.**  
The Injectivity Modules of a Tropical Map



- G-2013-01 **Bahn, O., Marcy, M., Vaillancourt, K., Waaub, J.-Ph.**  
Electrification of the Canadian Road Transportation Sector: A 2050 Outlook with TIMES-Canada
- G-2013-02 **Ngendakuriyo, F., Zaccour, G.**  
Fighting Corruption: To Precommit or Not?
- G-2013-03 **Ayadi, M.A., Ben-Ameur, H., Kirillov, T., Welch, R.**  
A Stochastic Dynamic Program for Valuing Options on Futures
- G-2013-04 **Anjos, M.F.**  
Recent Progress in Modeling Unit Commitment Problems
- G-2013-05 **Audet, C.**  
Ordering 15 Marbles with a Three-Way Scale
- G-2013-06 **Martín-Herrán, G., Taboubi, S.**  
Price Coordination in Distribution Channels: A Dynamic Perspective
- G-2013-07 **Larumbe, F., Sansò, B.**  
A Tabu-Search Algorithm for the Location of Data Centers and Software Components in Green Cloud Computing Networks
- G-2013-08 **Jaumard, B., Le, T.H., Tian, H., Akgunduz, A., Finnie, P.**  
An Enhanced Optimization Model for Scheduling Freight Trains
- G-2013-09 **Desrosiers, J., Gauthier, J.-B., Lubbecke, M.E.**  
Row-Reduced Column Generation for Degenerate Master Problems
- G-2013-10 **Larumbe, F., Sansò, B.**  
Cloptimus: A Multi-Objective Cloud Data Center and Software Component Location Framework
- G-2013-11 **Macharis, C., Mareschal, B., Waaub, J.-Ph.**  
PROMETHEE-GDSS Revisited: Applications So Far and New Developments
- G-2013-12 **Aouchiche, M., Caporossi, G., Hansen, P., Lucas, C.**  
Variable Neighborhood Search for Extremal Graphs 28: AutoGraphiX After Fifteen Years
- G-2013-13 **Caporossi, G., Majstorović, S.**  
An Algorithm for Multiobjective Optimization in Graph Theory
- G-2013-14 **Breton, M., Garrab, S.**  
Evolutionary Farsightedness in International Environmental Agreements
- G-2013-15 **Adjengue, L., Audet, C., Ben Yahia, I.**  
A Variance-Based Method to Rank Input Variables of the Mesh Adaptive Direct Search Algorithm
- G-2013-16 **Ben-Abdallah, R., Breton, M.**  
To Squeeze or Not to Squeeze? This is no longer the question
- G-2013-17 **Larumbe, F., Sansò, B.**  
Online Traffic Aware Virtual Machine Placement in Multi Data Center Cloud Computing Networks
- G-2013-18 **Fertel, C., Waaub, J.-Ph.**  
Changement climatique, incertitudes et perspectives éthiques : le rôle des outils d'aide à la décision
- G-2013-21 **Jorgensen, S., Zaccour, G.**  
Cooperative Advertising in Marketing Channels: Game Theoretic Analyses
- Révisions**
- G-2011-75 **Archetti, C., Bianchessi, N., Hertz, A.**  
A Branch-and-Price Algorithm for the Robust Graph Coloring Problem  
Révision : décembre 2012
- G-2010-73 **Breton, M., Keoula, M.Y.**  
A Great Fish War Model with Asymmetric Players  
Révision: janvier 2013
- G-2012-13 **Fertel, C., Bahn, O., Vaillancourt, K., Waaub, J.-Ph.**  
Canadian Energy and Climate Policies: A SWOT Analysis in Search for Federal/Provincial Coherence  
Révision : février 2013
- G-2012-62 **Laporte, G.**  
Scheduling Issues in Vehicle Routing  
Révision : février 2013
- G-2012-26 **Aouchiche, M., Hansen, P.**  
Two Laplacians for the Distance Matrix of a Graph  
Révision : février 2013

# Prix, distinctions et rayonnement

- **Luc-Alain Giraldeau**, professeur au Département des sciences biologiques de l'UQAM, a été l'invité de Sophie-Andrée Blondin à l'émission « Bien dans son assiette », le 14 janvier dernier. Il y était pour une chronique sur la biologie de nos appétits.
- **Jean-Bertrand Gauthier**, dirigé par Jacques Desrosiers, est le lauréat du Prix du meilleur mémoire 2011-2012 de HEC Montréal.
- **Hichem Garbouj**, dirigé par Olivier Bahn et Jean-Philippe Waaub, est au tableau d'honneur de la M.Sc. de HEC Montréal pour l'excellence de ses résultats scolaires au trimestre d'automne 2012.

# Soutenances de mémoires et de thèses

- **Yossiri Adulyasak**, codirigé par Jean-François Cordeau et Raf Jans  
Thèse de doctorat : Formulations and Solution Algorithms for Production Routing Problems
- **Hélène-Sarah Bécotte-Boutin**, codirigée par Gilles Caporossi et Sylvain Perron  
Mémoire de maîtrise : Homards, Araignées, Chenilles et autres arbres : Une dendrologie théorique des graphes
- **Mélisende Brazeau**, dirigée par Alain Hertz et Charles Audet  
Mémoire de maîtrise : Affectation des infirmières aux salles de l'unité d'endoscopie digestive du Centre hospitalier universitaire de Sherbrooke
- **Yessirath-Lai Damala**, codirigé par Michel Gamache et Diane Riopel  
Mémoire de maîtrise : Conception d'un outil d'aide à la décision pour l'entrepôt montréalais d'Air Canada Cargo à partir d'un modèle de simulation
- **Charles Gauvin**, codirigé par Guy Desaulniers et Michel Gendreau  
Mémoire de maîtrise : Un algorithme de génération de colonnes pour le problème de tournées de véhicule avec demandes stochastiques
- **Marc Gendron**, dirigé par Alain Hertz  
Mémoire de maîtrise : Détermination de la taille des effectifs et affectation des séquences de repos dans les horaires d'employés de compagnies de transport public
- **Anthony Guillou**, codirigé par Pierre Hansen et Sylvain Perron  
Thèse de doctorat : Problèmes quadratiques non convexes sous contraintes quadratiques non convexes : méthode numérique d'optimisation globale, extensions et applications
- **Shahrouz Mirzaalizadeh**, codirigé par Gilles Savard et Patrice Marcotte  
Thèse de doctorat : Stochastic Bilevel Pricing Problems over a Transportation Network
- **Nour Mustapha**, codirigé par Jean-Marc Frayret et Michel Gamache  
Mémoire de maîtrise : Gestion des vols en retard chez Air Canada
- **Pierre-Olivier Poliquin**, codirigé par Mario Jolicoeur et Mathieu Cloutier  
Mémoire de maîtrise : Modélisation métabolique pour l'étude des voies de régulation énergétiques enjeu dans la maladie de Parkinson

# Visiteurs

Septembre 2012 | Août 2013

**Xiao-Wen Chang** (Université McGill, Canada)

Décembre 2012 | Février 2013

**Bastien Talgorn** (France)

Janvier | Février 2013

**Mohammed Saddoune** (Université Hassan II de Casablanca, Maroc)

**Manuel Vieira** (Universidade Nova de Lisboa, Portugal)

Janvier | Avril 2013

**Sourour Elloumi** (ENSIIE, France)

Février 2013

**Kelly Chloe de Bruin** (Umeå University, Suède)

Mars | Mai 2013

**Pablo Andres-Domenech** (LEF, AgroParisTech, France)

Avril 2013

**Elena Parilina** (St. Petersburg State University, Russie)

**Isabel Christina da Silva Martins Robeiro** (FEUP, Portugal)

Avril | Mai 2013

**Jesús Marin-Solano** (Universitat de Barcelona, Espagne)

**Michael Grothe** (University of Bielefeld, Allemagne)

# Stagiaires

---

Février 2012 | Février 2013

**Puduru Viswanadha Reddy** (GERAD, Canada)  
**Luca Gianoli** (Politecnico Di Milano, Italie)

Avril 2012 | Août 2013

**Jean Buvry** (INP Toulouse, ENSEEHIT, France)

Juin 2012 | Mars 2013

**Nabila Remli** (Université Laval, Canada)

Juin 2012 | Juin 2013

**Nabila Azi** (GERAD, Canada)

Septembre 2012 | Août 2013

**Rafael Ponti Martinelli** (Brésil)

Octobre 2012 | Octobre 2013

**The Amouh** (Université de Namur, Belgique)

Février | Juin 2013

**Ali Ayedi** et **Med Béchir Radhi Ben Hassine**  
(École Polytechnique de Tunisie, Tunisie)

Février | Août 2013

**Nidhal Gharsellaoui** (Essai, Tunisie)

Mars | Juillet 2013

**Ely Cheikh N'Diaye** (École Polytechnique de Tunisie, Tunisie)

Avril | Juin 2013

**Heiko Breier** (Karlsruhe Institute of Technology, Allemagne)

Avril | Août 2013

**Adil Tahir**  
(Faculté des Sciences et Techniques de Mohamadia, Maroc)

Avril | Septembre 2013

**Driss Chakour** (École Polytechnique ParisTech, France)

**Dounia Lakhmiri** (INP Toulouse, ENSEEHIT, France)

Avril | Octobre 2013

**Bastien Talgorn** (France)

## Activités

---

### Atelier | Écoles | Congrès

1-3 mai 2013

**10th International Conference on Computational Management Science**

6-8 mai 2013

**Journées de l'Optimisation/OPDE 2013**

2-6 juillet 2013

**Deuxième Atelier de Montréal sur les mathématiques idempotentes et tropicales**

### Séminaires du GERAD

30 avril 2013

**Michael Kokkolaras** (Université McGill, Canada)  
Utilizing Numerical Optimization in Computational  
Engineering Design

13 décembre 2012

**Omar Cherkaoui** (UQAM, Canada)  
Software Defined Network Research Challenges

17 décembre 2012

**Roussos Dimitrakopoulos** (Université McGill, Canada)  
Mine Planning Optimization with Uncertainty: A Review  
of Concepts and Applications from Single Mines to Mining  
Complexes

### Séminaires « Un chercheur du GERAD vous parle ! »

06 mars 2013

**Lê Nguyễn Hoàng** (Polytechnique Montréal, Canada)  
A Trek Through 20th Century Mathematics



# Activités

## Séminaires en optimisation GERAD/CRC-ONDI

30 avril 2013

**David Titley-Peloquin** (IRIT-ENSEEIH Toulouse, France)  
Stochastic Error Analysis Tools for Data Assimilation

04 avril 2013

**Sourour Elloumi** (ENSIIE Évry, France)  
Quadratic Convex Reformulation for Discrete Quadratic

20 mars 2013

**Christoph Helmberg**  
(Chemnitz University of Technology, Allemagne)  
A View on Graph Laplacians from the Perspective of Semi-definite Optimization

28 février 2013

**Steven Gabriel** (University of Maryland, États-Unis)  
An SOS1-Based Approach for Solving MPECs with an Application in Energy

21 février 2013

**Chen Greif** (University of British Columbia, Canada)  
Numerical solution of Saddle-Point Linear Systems

31 janvier 2013

**Antoine Deza** (McMaster University, Canada)  
Combinatorial, Computational, and Geometric Approaches to the Colourful Simplicial Depth

17 janvier 2013

**Christodoulos A. Floudas** (Princeton University, États-Unis)  
Advances in Deterministic Global Optimization for Mixed-Integer Quadratically Constrained Quadratic Programs (MIQCQP) and Mixed-Integer Signomial Optimization (MISO)



Chaire de recherche du Canada  
sur l'optimisation non linéaire  
discrète en ingénierie

## Séminaires « Un chercheur du GERAD vous parle! »

11 avril 2013

**Minh Bui** (Université Concordia, Canada)  
Anycast End-to-End Resilience for Cloud Services over Virtual Optical Networks

04 avril 2013

**Brigitte Jaumard** (Université Concordia, Canada)  
Design of a Survivable VPN Topology over a Service Provider Network

21 mars 2013

**Sadegh Bolouki** (Polytechnique Montréal, Canada)  
Linear Consensus Algorithms and the Infinite Jet-Flow Property of Markov Chains

14 mars 2013

**Roland Malhamé** (Polytechnique Montréal, Canada)  
Mean Field Games: A Paradigm for Individual-Mass Interactions

24 janvier 2013

**Dominique Cartier** (Polytechnique Montréal, Canada)  
Application de la recherche opérationnelle à l'optimisation de modèles hydrologiques

17 janvier 2013

**Sébastien Le Digabel** (Polytechnique Montréal, Canada)  
Optimisation de boîtes noires avec l'algorithme MADS et le logiciel NOMAD

## Séminaires du GERAD co-financés par la Fondation HEC Montréal et la Chaire de théorie des jeux et gestion

19 avril 2013

**Elena Parilina** (Saint-Petersburg State University, Russie)  
Strategic Support of Cooperative Agreements in Stochastic Games

21 février 2013

**Kelly Chloe De Bruin** (Umeå University, Suède)  
The Role of Proactive Adaptation in International Climate Change Mitigation Agreements

20 février 2013

**Stéphanie Monjon** (Université Paris Dauphine, France)  
A Border Adjustment for the EU ETS: Reconciling WTO Rules and Capacity to Tackle Carbon Leakage

Fondation  
HEC MONTRÉAL

HEC MONTRÉAL  
CHAIRE DE THÉORIE DES JEUX  
ET GESTION

# Activités

## Colloques de statistiques de Montréal CRM/ISM/GERAD

12 avril 2013

**Arup Bose** (Indian Statistical Institute, Inde)  
Consistency of Large Dimensional Sample Covariance  
Matrix under Weak Dependence

22 mars 2013

**Hélène Massam** (York University, Canada)  
The Hyper Dirichlet Revisited: A Characterization

18 janvier 2013

**Victor Chernozhukov** (MIT, États-Unis)  
Inference on Treatment Effects After Selection Amongst  
High-Dimensional Controls

14 décembre 2012

**Raymond J. Carroll** (Texas A&M University, États-Unis)  
What Percentage of Children in the U.S. Are Eating a  
Healthy Diet? A Statistical Approach

# BULLETIN DU GERAD

Édité 2 fois l'an par le GERAD

DIRECTEURS DU BULLETIN

**Gilles Caporossi**  
gilles.caporossi@gerad.ca

**Charles Audet**  
charles.audet@gerad.ca

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

SITE INTERNET  
[www.gerad.ca](http://www.gerad.ca)

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

RESPONSABLE DE L'ÉDITION  
*Francine Benoît*

CONCEPTRICE GRAPHIQUE  
*Valérie Lavoie-LeBlanc*

DÉPÔT LÉGAL : 2<sup>e</sup> trimestre 2013  
Bibliothèque nationale du Québec

Reproduction autorisée avec mention de la source



100%