

Bulletin

Groupe d'études et de recherche
en analyse de décisions

GERAD

Volume 4 • Numéro 1
Mai 2007

« Au-delà des **jeux de société** : une **science** en constante expansion »

Georges Zaccour, titulaire
Chaire de théorie de jeux et gestion

La théorie des jeux est devenue une branche des mathématiques durant les années 1940, et plus spécialement après la parution en 1944 de l'œuvre magistrale de John von Neumann et Oskar Morgenstern *Theory of Games and Economic Behavior*. Son couronnement en économie est arrivé cinquante ans plus tard avec l'octroi à John F. Nash, John C. Harsanyi et Reinhard Selten du Prix de la Banque de Suède en sciences économiques en mémoire d'Alfred Nobel.

« C'est surtout en s'intéressant aux jeux de société comme les échecs que des mathématiciens ont prouvé des théorèmes qui sont à la base de la théorie des jeux, observe Georges Zaccour, membre du GERAD, titulaire de la Chaire de la théorie des jeux et gestion de HEC et professeur à HEC Montréal. John F. Nash, inventeur de l'équilibre qui porte son nom, que nous avons reçu au GERAD en 2005 lors du 25^e anniversaire, avait peut-être des idées économiques sous-jacentes, mais ce sont des jeux de société, où il y a action, réaction et stratégie, qui ont piqué la curiosité des mathématiciens. » On se rappellera que la vie de John Nash a fait l'objet d'un livre et d'un film couronné de quatre oscars en 2002, *A Beautiful Mind*.

La collaboration entre John von Neumann, un mathématicien, et Oskar Morgenstern, un économiste, tous deux chercheurs au célèbre Princeton University Institute of Advanced

... science (suite à la page 2).

bulletin@gerad.ca

SOMMAIRE

Des applications de la théorie des jeux aux chaînes logistiques	3
Nouvelles brèves	5
Fabricant et détaillant : qui gagne de la publicité coopérative?	6
La théorie des jeux à l'assaut des marchés d'électricité déréglementés	7
Restructuration d'une firme en détresse financière	8
Évaluation d'options implicites portées par des obligations	9
Le troc : du plus ancien au plus moderne!	10
Du cellulaire au banc de poissons en passant par la vente au détail!	11

Dans ce numéro... Pleins feux sur la théorie des jeux...

Study, demeure une source d'inspiration pour le GERAD, qui réunit des chercheurs de diverses disciplines pour résoudre des problèmes relevant de la prise de décisions.

Les applications de la théorie des jeux connaissent une expansion constante et rapide, comme en témoignent les exemples présentés dans le présent numéro du Bulletin, qui vont de la finance au marketing en passant par les télécommunications, la gestion de la production de l'électricité et même des bancs de poissons en mouvement. Selon Georges Zaccour, cette expansion va sûrement se poursuivre, notamment en finance, en chaîne logistique, en économie, en gestion de l'énergie et des ressources naturelles, mais aussi en biologie, où il y a « un véritable boom », en modélisation de la diffusion du cancer, ou encore pour expliquer toutes sortes d'autres phénomènes naturels.

Plusieurs chercheurs du GERAD appliquent la théorie des jeux dans leurs travaux. Il est intéressant de noter qu'Alain Haurie, fondateur du GERAD, et Georges Zaccour, qui l'a dirigé de 2001 à 2005, ont tous deux présidé la *International Society for Dynamic Games*, l'un des deux organismes internationaux de promotion de la théorie des jeux.

Décliner tous les types de jeux et les nombreuses combinaisons possibles est en soi un défi. D'abord, il y a des jeux coopératifs, où l'intérêt collectif prime, et les jeux non coopératifs, où c'est chacun pour soi. Les jeux peuvent être statiques ou dynamiques, selon que leurs règles et conditions changent ou non avec le temps. Les acteurs peuvent prendre des décisions à des moments bien déterminés (en temps discret) ou de façon continue (jeux différentiels, développés à l'origine pour la solution de problèmes militaires). Les conditions peuvent changer de façon prévisible (jeux déterministes) ou aléatoire (jeux stochastiques).

Dans le cas des jeux coopératifs, on s'assure tout d'abord de sélectionner la stratégie qui optimise le bien-être collectif, précise Georges Zaccour. On décide



John F. Nash, 2^e à g., fut l'invité d'honneur au 25^e anniversaire du GERAD en mai 2005. Il est entouré, dans l'ordre habituel, de Mme Nash, de Michèle Breton et de Georges Zaccour, directeur du GERAD de 2001 à 2005.

ensuite comment répartir les dividendes de la coopération de façon à satisfaire tous les joueurs impliqués. On aboutit à des solutions qui pourraient être fragiles parce qu'elles ne constituent pas des équilibres, c'est-à-dire des situations desquelles personne n'a intérêt à dévier unilatéralement. Quand une solution n'est pas un équilibre, la tentation est forte pour que les joueurs dévient de l'accord. Plusieurs chercheurs s'intéressent donc au design de solutions

coopératives qui soient des équilibres. On a ainsi le meilleur des deux mondes : la stabilité de l'équilibre, et les dividendes de la coopération. L'Organisation des Pays Exportateurs de Pétrole (OPEP), qui est un cartel censé jouer un jeu coopératif, offre un exemple intéressant pour étudier notamment ces notions d'équilibres

... science (suite à la page 12).

Chaire de théorie des jeux et gestion

En octobre 2006, HEC Montréal a créé la Chaire de théorie des jeux et gestion et nommé son premier titulaire, Georges Zaccour. En plus d'être un signe de reconnaissance, cette chaire donne un excellent coup de pouce à la recherche et à l'animation scientifique autour de la théorie des jeux, notamment en permettant de financer des étudiants au doctorat et en études postdoctorales sur une période de plusieurs années.

Les travaux de recherche de la Chaire porteront sur des développements théoriques et algorithmiques de la théorie des jeux ainsi que sur les applications à des problématiques de gestion. Parmi les applications en marketing, en énergie et en environnement : conflits et coopération dans les réseaux de distribution marketing; détermination de stratégies de marketing dans des marchés oligopolistiques; partage des coûts environnementaux; coordination de stratégies environnementales dans un contexte international; coordination dans les chaînes logistique et interface marketing-production; et commerce électronique et ses implications dans les relations dans les réseaux de distribution traditionnels.

Des applications de la théorie des **jeux** aux **chaînes logistiques**

Tamer Boyaci et Saibal Ray*

Le présent article résume trois volets de recherche sur la théorie des jeux réalisés par des membres de la Faculté de gestion Desautels de l'Université McGill en collaboration avec leurs étudiants au doctorat et des boursiers post-doctoraux. Cette recherche a comme caractéristique d'être à base intuitive. Les chercheurs utilisent des modèles de théorie de jeux à la Stackelberg (leader/suiveur) de la chaîne logistique fabricant/détaillant ainsi que de chaînes logistiques à boucle fermée (qui comprennent le recyclage, la réutilisation et la remise à neuf). Les modèles servent à dégager des constatations économiques et de gestion importantes portant sur la gestion de ce type de systèmes en présence de compétition et sur l'impact de stratégies d'exploitation spécifiques sur leur performance.



Meilleur prix garanti ?

Dans le premier volet, le doctorant Arcan Nalca, en collaboration avec ses directeurs, Tamer Boyaci et Saibal Ray, étudie les garanties du meilleur prix qu'on trouve souvent dans la vente au détail. En garantissant le meilleur prix, un détaillant s'engage à vendre le produit au prix le plus bas d'un concurrent afin de ne pas perdre le client. Dans sa forme la plus simple, un détaillant vendra le produit au plus bas prix offert par le concurrent pour un produit identique lorsqu'un client présente

une preuve solide qu'un tel prix existe. En réalité, toutefois, le détaillant se réserve le droit de vérifier si le produit est disponible chez le concurrent. Sinon, le détaillant peut refuser de vendre le produit à ce prix et l'offrir au client à son prix courant (il s'agit là d'une garantie du meilleur prix selon la disponibilité).

Afin d'étudier l'effet de la disponibilité au magasin ainsi que la vérification de celle-ci, le chercheur a établi un modèle de duopole statique non coopératif d'entreprises qui offrent la garantie du meilleur prix – compétition horizontale – dans un marché sensible aux prix et avec deux types de clients, soit les clients informés et non informés.

Les clients non informés ne connaissent pas les prix du marché, les clients informés, oui. La compétition verticale de la chaîne est modelée à l'aide d'un jeu à la Stackelberg. Plus spécifiquement, le modèle comprend un fabricant (leader) qui vend le produit à deux détaillants (suiveur). L'analyse de l'équilibre des jeux qui en découlent s'avère être un défi technique de taille. Il peut y avoir plusieurs équilibres dans le jeu horizontal. Cependant, il est possible de choisir une stratégie acceptable à toutes les entreprises à l'aide de techniques de raffinement d'équilibres (ex., Pareto et dominance stochastique).

Une analyse comparative permet de mieux comprendre l'impact de la disponibilité en magasin. Les chercheurs iden-

* **Tamer Boyaci** et **Saibal Ray** sont professeurs à la Faculté de gestion de l'Université McGill et membres du GERAD.

tifient les moteurs principaux (en plus du niveau de disponibilité) : la taille relative des deux segments de la clientèle et l'évaluation du produit. Ils analysent les effets de ces facteurs et démontrent que le détaillant préfère la garantie du meilleur prix à la garantie selon la disponibilité si le segment non informé de la clientèle est relativement plus important et la disponibilité chez le concurrent est également élevée, ou le contraire. En revanche, le fabricant préfère toujours la garantie du meilleur prix sans égard à la disponibilité parce qu'elle donne lieu à une demande plus forte. De plus, l'adoption de la garantie du

mais avec des quantités plus importantes afin de pratiquer une discrimination par le prix fondée sur la disponibilité du produit chez le concurrent.

Le recyclage : monopole ou compétition?

Le deuxième volet touche une recherche réalisée par un boursier post-doctoral, Fuminori Toyasaki, conjointement avec les professeurs Tamer Boyaci et Vedat Verter, sur des opérations à boucle fermée, surtout dans le contexte des déchets électriques et électroniques. La plus récente recherche compare les deux types de collecte observés mondialement, soit monopolistique et compétitif, étudiant la préférabilité de chaque système du point

quelques pays) est préférable lorsque les économies d'échelle dans le recyclage sont importantes ou quand les produits ne sont pas facilement remplaçables. De plus, le phénomène des resquilleurs peut être présent dans le système monopolistique si les recycleurs n'ont pas le même niveau d'efficacité. Dans ce cas, l'OBNL doit répartir les produits à recycler aux recycleurs selon les frais de traitement exigés. La recherche démontre que le cas compétitif peut tout de même permettre à tout le monde d'en profiter si la règle de répartition et la substituabilité ne sont pas trop sensibles aux frais exigés ou si le niveau de collecte est élevé.

L'avantage du pionnier

Dans le troisième volet, le doctorant Yue Zhan et ses directeurs Saibal Ray et Vedat Verter appliquent la théorie des jeux à l'étude de la localisation séquentielle et à l'établissement des prix de deux entreprises qui visent des profits maximums dans la vente de produits identiques. Les entreprises sont en concurrence dans un marché avec une ligne de produits. Chaque client achète une unité du produit du magasin qui lui fournit plus d'utilité (non négatif). La définition de l'utilité que chaque client reçoit en achetant un produit est la différence entre le prix minimum et le coût total de l'achat (le prix du magasin plus le coût du transport). Les chercheurs supposent que le pionnier décide de la localisation comme le ferait un monopole. Ensuite, ils essaient de comprendre : 1) quelles seront la localisation optimale et la stratégie optimale d'établissement des prix pour l'entreprise qui entre dans le marché plus tard (le nouvel arrivant); et 2) comment le pionnier peut réagir par la suite à l'arrivée d'autres simplement en ajustant son prix. Ils présentent le problème comme un jeu à la Stackelberg à trois niveaux en tenant compte des questions telles que la baisse des prix par le pionnier en réaction à l'arrivée de la nouvelle entreprise.

Ils démontrent en premier que les décisions d'équilibre quant au prix des deux entreprises et la décision d'équilibre quant à la localisation du nouvel arrivant ne sont ni continues ni monotones à l'égard du

Conjuguer les intérêts des joueurs

meilleur prix selon la disponibilité réduit l'intensité de la concurrence tant horizontale que verticale lorsque le segment non informé valorise moins le produit, mais elle augmente l'intensité lorsque ce segment valorise le produit davantage.

Dans une autre étude, Arcan Nalca, Tamer Boyaci et Saibal Ray poussent le modèle plus loin pour étudier les décisions concernant le prix et l'inventaire de détaillants concurrents en situation d'incertitude de la demande. Afin de mettre en évidence les effets de l'incertitude, le modèle ne concerne que les clients informés, et il vérifie l'hypothèse économique selon laquelle la garantie du meilleur prix aboutit à la collusion tacite et à des prix élevés (de monopole).

Cette recherche vérifie l'idée voulant que, lorsque l'incertitude de la demande est faible, les détaillants hésitent à appliquer la politique de garantie du meilleur prix et la collusion tacite s'installe. À mesure que l'incertitude augmente, toutefois, les détaillants peuvent trouver rentable de vérifier la disponibilité du produit chez le concurrent. En fait, le jeu non coopératif aboutit à un point d'équilibre Nash où un détaillant offre un prix de monopole et des quantités d'un monopole, tandis que l'autre détaillant offre un prix plus élevé

de vue des fabricants, des recycleurs et des consommateurs.

Dans le modèle, on représente la structure de l'industrie et les décisions dans un jeu à deux niveaux avec deux recycleurs et deux fabricants. Les recycleurs jouent le rôle de leaders dans un jeu à la Stackelberg. Les fabricants leur livrent une concurrence quant au prix dans le marché des produits neufs. Dans le cas monopolistique, les fabricants sont des membres d'une organisation à but non lucratif (OBNL) qui envoie aux recycleurs les objets désuets ramassés et répartit les coûts parmi les fabricants. Dans le plan compétitif, le fabricant signe un contrat directement avec un recycleur et assume les coûts engagés par celui-ci. Le modèle tient compte explicitement des économies d'échelle dans le traitement et la logistique des produits désuets.

L'analyse d'équilibre et la statistique comparée démontrent que le système compétitif produit une situation où tout le monde gagne (des prix plus bas et des profits plus élevés), sauf quand les produits neufs sont facilement remplaçables. Dans ce cas, les recycleurs préfèrent parfois le plan monopolistique. La recherche indique aussi que la consolidation de l'industrie du recyclage (observée dans

Jean-François Cordeau a reçu le Prix Chenelière Éducation/Gaëtan Morin, le 14 novembre 2006. Ce prix récompense la production de recherche effectuée au cours des trois dernières années. Jean-François Cordeau est titulaire de la Chaire de recherche du Canada en logistique et en transport et professeur agrégé du Service de l'enseignement de la gestion des opérations et de la logistique.

Georges Zaccour a reçu le Prix Pierre-Laurin, le 14 novembre 2006, qui récompense aussi la production de recherche effectuée au cours des trois dernières années. Georges Zaccour est titulaire de la Chaire de théorie des jeux et gestion et professeur titulaire du Service de l'enseignement du marketing.

Les Modèles d'aide à la décision en marketing ont fait l'objet d'un atelier thématique organisé le 25 janvier 2007 par les professeurs Sihem Taboubi et Georges Zaccour, du GERAD et de HEC Montréal. L'atelier a réuni 39 étudiants, professeurs et gens de l'industrie. Les conférenciers : Kamel Jedidi de la Graduate School of Business, Columbia University; Alexandre Le Leyzour de Guilbault et associés, Conseil, recherche et stratégies marketing; Jean-François Pagé d'Air Canada; Sylvain Sénécal de

HEC Montréal; Adel Bennani de Danone; Michel Bendavid de Vidéotron; Olivier Bahn et Sihem Taboubi du GERAD et de HEC Montréal; Caroline Sarappa de HEC Montréal; Nawel Amrouche et Georges Zaccour du GERAD et de HEC Montréal.

La modélisation en énergie et en environnement a été le sujet d'un atelier, le 1^{er} février 2007, organisé conjointement par le Centre de recherche en e-finance (CREf), la Chaire de théorie des jeux et gestion et le GERAD. Trente-neuf personnes y ont participé. Les conférenciers : Richard Loulou du GERAD; Jean-Guy Demers du CREF et HEC Montréal; David Fuller de l'université de Waterloo; Bernard Sinclair-Desgagné du CIRANO et HEC Montréal; Michèle Breton, du CREF/GERAD et HEC Montréal; Mark Jaccard de l'université Simon Fraser; Talat S. Genc de l'université de Guelph; Pierre-Olivier Pineau de HEC Montréal; Ngo Van Long de l'Université McGill; Lucia Sbragia du CREF et HEC Montréal; Alain Haurie du GERAD et de ORDECSYS; Georges Zaccour du GERAD, Chaire de théorie des jeux et gestion, HEC Montréal.

Le **4^e séminaire sur l'optimisation de réseaux optiques (4th Workshop on Optimization of Optical Networks)**,

organisé par la professeure Brigitte Jaumard, et commandité par le GERAD, l'Université Concordia et le CRT, aura lieu les 2 et 3 mai 2007. Les conférenciers seront : Nicholas Gagnon, EXFO, Electro-Optical Engineering Inc. (Québec) Canada; Wayne D. Grover, TRILabs et l'université de l'Alberta; Roland Wessäly, Konrad-Zuse-Zentrum für Informationstechnik, de Berlin, en Allemagne; et Biswanath Mukherjee de l'University of California.

CONGRÈS À VENIR !

- La *Conference on Systems and Control*, organisée par le GERAD, l'École Polytechnique de Montréal et l'Université Cadi Ayyad, se tiendra du 16 au 18 mai 2007 à Marrakech, au Maroc.
- Le sixième séminaire international de l'ISDG (*International Society of Dynamic Games*), organisé par l'ESSEC Business School (France), la Chaire en théorie des jeux et gestion (HEC Montréal) et le GERAD, se tiendra du 5 au 8 septembre 2007, à Rabat, au Maroc.

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

... **Tamer Boyaci** (fin).

prix minimum des clients. Contrairement à ce qui existe dans la littérature, ils démontrent que : 1) il n'est pas nécessairement optimal que le prix d'équilibre pour le pionnier (qui établit son prix en dernier dans le jeu) soit plus élevé comparé à celui du concurrent; et 2) il n'est pas nécessairement vrai qu'une décision tardive dans l'établissement du prix par le pionnier lui assurera plus de profits.

De plus, il n'est pas nécessairement optimal pour le pionnier de situer son magasin au milieu du marché. Les gestion-

naires doivent savoir que la comparaison exacte dans ces trois cas dépend de la valeur du prix minimum du segment de clientèle cible. Toutefois, si l'objectif du pionnier se limite à minimiser le profit du nouvel arrivant – une stratégie optimale visant le report de l'arrivée –, le milieu du marché est vraiment le choix optimal. Il est intéressant de noter que la stratégie du pionnier consistant à réagir à un nouvel arrivant en baissant le prix n'est pas toujours une bonne stratégie. En fait, si les prix minimums des clients ne sont ni trop élevés ni trop bas, le pionnier devrait réagir en augmentant ses prix. **G**

Note : Le professeur Vedat Verter, le boursier post-doctoral Fuminori Toyasaki et les doctorants Arcan Nalca et Uye Zhang, tous de la Faculté de gestion Desautels, ont contribué à ces travaux et à cet article.

Fabricant et détaillant : qui gagne de la publicité coopérative ?

Sihem Taboubi et Georges Zaccour*

100 milliards de dollars par année, c'est le chiffre représentant les dépenses des entreprises américaines en activités de marketing destinées à leurs distributeurs. Selon la *National Promotional Allowance Association*, pour les fabricants de produits de grande consommation, ces activités occupent la deuxième position en ce qui concerne l'importance des dépenses, la première position revenant aux coûts de production.

Parmi ces activités, on compte les produits offerts gratuitement aux distributeurs, les montants forfaitaires destinés à introduire les nouveaux produits dans les magasins, ou encore la publicité coopérative (Co-op). Cette dernière consiste, pour le producteur d'une marque, à contribuer au paiement total (ou partiel) des dépenses publicitaires ou promotionnelles de ses distributeurs afin d'inciter ceux-ci à faire la promotion de la marque.

L'utilisation de la Co-op permet à chacun des membres du circuit de distribution d'atteindre un certain nombre d'objectifs. Pour le distributeur, cette pratique lui donne accès à des fonds supplémentaires pour élaborer ses stratégies publicitaires et offrir des promotions à ses clients. Ainsi, il peut non seulement renforcer sa compétitivité face à ses concurrents mais aussi augmenter l'achalandage dans son

magasin. Quant au producteur, la Co-op lui permet d'augmenter ses ventes au distributeur, de l'encourager à faire la promotion de ses produits, mais aussi de toucher ses différents marchés grâce à des démarches de marketing locales, donc adaptées.

Malgré l'importance des sommes investies, plusieurs questions demeurent sans réponses quant à l'efficacité de cette pratique et à la meilleure façon de la mettre en œuvre.

C'est là qu'intervient la théorie des jeux. En effet, on considère qu'un tel programme concerne à la fois les producteurs et les distributeurs dans un circuit et que ces différents acteurs prennent des décisions relatives au marketing (ex., prix de détail, budget de publicité, espace linéaire accordé au produit) qui visent surtout à atteindre leurs propres objectifs. Ainsi, l'application de la théorie des jeux permet de répondre à certaines questions que cette pratique soulève.

Voici quelques questions typiques ainsi que des pistes de solution qui s'offrent.

L'option optimale consiste-t-elle, pour le fabricant, à offrir un tel programme et, pour le détaillant, à l'accepter? En comparant les résultats d'un jeu où le producteur offre à son distributeur un programme de publicité coopérative, au cas où un tel programme n'est pas offert, on peut non seulement répondre à la question sur l'efficacité de cette pratique, mais on peut également savoir qui, dans le circuit, a plus avantage à participer à un tel programme. On peut également connaître les taux de participation qui permettraient de maximiser l'efficacité du programme, ou encore, concevoir une politique de partage des gains supplémentaires générés.



Autre question intrigante : comment doit réagir un distributeur qui commercialise sa propre marque, en plus de celle du fabricant? A-t-il intérêt à augmenter la pression concurrentielle sur sa marque privée?

Enfin, la publicité coopérative peut amener le distributeur à promouvoir la marque en réduisant le prix. Est-il possible d'envisager un tel programme quand celui-ci risque de banaliser la marque aux yeux des consommateurs? Une série de projets de recherche au GERAD ont permis d'avancer des réponses spécifiques et, parfois, de soulever d'autres questions.

Par ailleurs, le formalisme des jeux dynamiques permet de tenir compte des activités ayant un impact sur plusieurs périodes, dont les investissements publicitaires destinés à créer une image de marque pour les producteurs ou les distributeurs ou les

* **Sihem Taboubi** est professeure adjointe, Service de l'enseignement du marketing, HEC Montréal, et membre du GERAD.

Georges Zaccour est professeur titulaire, Service de l'enseignement du marketing, HEC Montréal, membre du GERAD et titulaire de la Chaire de théorie des jeux et gestion.

La théorie des jeux à l'assaut des marchés d'électricité déréglementés

F.D. Galiana, Ebrahim Hasan*

Dans un marché d'électricité déréglementé, un producteur vise l'optimalité et non plus le maximum de production. On peut gérer un marché d'électricité en respectant une répartition économique de la production selon l'ordre d'appel (c.-à-d., un producteur fournit de l'électricité de façon optimale sur le plan du coût, de l'efficacité et de la fiabilité selon l'ordre d'appel des coûts croissants de production). L'objectif consiste à identifier les conditions nécessaires pour qu'un équilibre commercial Cournot-Nash tactique existe lorsque les producteurs d'électricité produisent dans un contexte de jeux au moyen de l'offre fondée sur le coût différentiel ou de la fonction d'offre.



Un producteur peut exploiter un ensemble de groupes électrogènes, chacun produisant de l'électricité selon une courbe du coût différentiel ou une fonction d'offre consistant en tranches multiples. Nous avons proposé une approche de programmation linéaire avec variables de décision

mixtes en vue de déterminer les valeurs exactes de tous les équilibres Cournot-Nash sans itérations par jeux répétés. À partir des équilibres de Nash ainsi identifiés, nous montrons comment il est possible d'établir une stratégie de jeu dominante qui répond le mieux aux attentes des producteurs participants quant au risque et aux avantages.

a été testé sur quelques réseaux englobant jusque trente groupes électrogènes, chaque groupe ayant quatre tranches de coûts différentiels. À partir des résultats, des analyses numériques visant à évaluer l'impact du nombre et de l'importance des producteurs concurrents sur la qualité globale des stratégies obtenues, ont été menées à bien. **G**

* **Francisco D. Galiana** est membre du GERAD et professeur au Département de génie électrique et informatique, Université McGill. **Ebrahima Hasan** est un étudiant au doctorat au GERAD.

Le plan de programmation linéaire avec variables de décision mixtes proposé

... **Sihem Taboubi** (suite).

deux. Il est possible également, en comparant les profits et les stratégies résultant des jeux coopératifs à ceux des jeux non coopératifs, de répondre à la question suivante : la coordination des activités de marketing dans un tel contexte est-elle

avantageuse ou non pour chacun des membres du circuit, pour tout le circuit et pour le consommateur?

La question de la publicité coopérative s'insère dans un programme de recherche plus large sur les relations entre les divers partenaires dans un circuit de distribution. Plusieurs anciens étudiants de doc-

torat ont contribué à ce programme, notamment Simon-Pierre Sigué (professeur agrégé à l'Université d'Athabasca), Salma Karray (professeure adjointe à l'University of Ontario Institute of Technology) et Nawel Amrouche (bientôt professeure adjointe à la Long Island University, aux États-Unis). **G**

Restructuration d'une firme en **détresse** financière

Amira Annabi, Michèle Breton, Pascal François*

Une firme fait défaut quand elle ne peut honorer sa dette. Le défaut se matérialise lorsque la valeur des actifs atteint une certaine barrière. Cet événement peut déclencher une faillite, mais peut aussi souvent donner lieu à une réorganisation. Le problème qui nous intéresse est l'évaluation de la firme, qui doit tenir compte de la possibilité de la réorganisation de sa dette lors d'un événement de défaut.

Nous considérons une économie où la valeur des actifs d'une firme obéit à un processus aléatoire. Cette firme est financée par deux classes de dettes subordonnées. Aussi, elle verse un coupon à ses créanciers. L'événement de défaut est déclenché quand la valeur des actifs atteint une barrière donnée, à un temps d'arrêt aléatoire.

Le modèle utilisé pour le processus de négociation prend la forme d'un jeu entre les créanciers de différentes classes de priorité et les actionnaires. Nous considérons trois joueurs : le gestionnaire (représentant les actionnaires), le créancier senior (représentant les créanciers privilégiés) et le créancier junior (représentant les créanciers ordinaires). L'événement de défaut

déclenche le processus de négociation qui comporte des rondes successives. À chacune des rondes, l'un des trois joueurs propose un plan de réorganisation.

À la suite de cette proposition, les deux autres joueurs peuvent choisir d'accepter le plan de réorganisation ou de poursuivre le processus de négociation, alors qu'un autre joueur aura le privilège de proposer un nouveau plan. Le processus de négociation consomme du temps et occasionne des coûts. La Cour peut intervenir et imposer un plan de réorganisation ou liquider la firme lorsque les joueurs n'arrivent pas à s'entendre après un certain nombre (aléatoire) de rondes de négociation.

Le processus de négociation est donc représenté par une succession de jeux hiérarchisés entre les trois joueurs. Le « leader » propose un plan de réorganisation, en tenant compte de la réaction des deux autres joueurs, qui prennent une décision simultanément et de façon non coopérative. Chaque joueur cherche à maximiser la part qui lui revient résultant d'un nouveau partage de la firme, ou de sa liquidation. La valeur de continuation est le résultat espéré de l'équilibre à la prochaine ronde, tandis que la variable

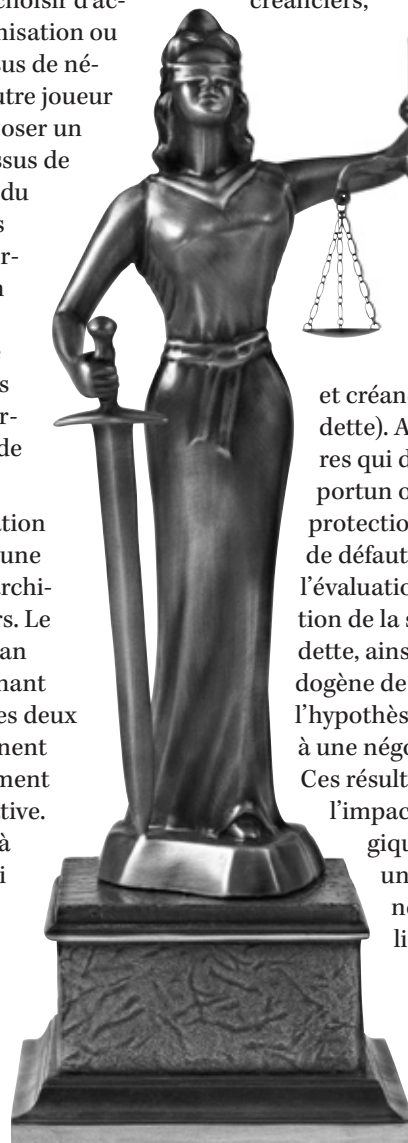
d'état est la valeur des actifs de la firme, qui, elle, obéit à un processus aléatoire.

Si une firme réorganisée émerge du processus, elle continue ses activités en distribuant de nouveaux coupons aux créanciers, jusqu'au prochain événement de défaut, qui déclenche à nouveau le processus de négociation.

Il convient de noter que la valeur de la firme dépend de sa répartition entre actionnaires

et créanciers (ou la structure de la dette). Aussi, ce sont les actionnaires qui décident du moment opportun où la firme se place sous la protection de la Cour (ou la barrière de défaut). Ce modèle permet donc l'évaluation de la firme, la détermination de la structure d'équilibre de la dette, ainsi que la détermination endogène de la barrière de défaut, sous l'hypothèse que le défaut donne lieu à une négociation entre les parties.

Ces résultats permettent d'évaluer l'impact du comportement stratégique des joueurs par rapport à un modèle où le défaut donne nécessairement lieu à une liquidation. **G**



* **Amira Annabi** est étudiante au doctorat au GERAD.

Michèle Breton est membre du GERAD, professeure titulaire au Service de l'enseignement des méthodes quantitatives de gestion à HEC Montréal et directrice du Centre de recherche en e-finance.

Pascal François est professeur agrégé au Service de l'enseignement de la finance à HEC Montréal.

Évaluation d'options implicites portées par des obligations

Hatem Ben Ameur, Michèle Breton, Pierre l'Écuyer, Lotfi Karoui*

Plusieurs obligations comportent des options implicites détenues par des joueurs différents, notamment l'émetteur et le détenteur de l'obligation. Les options implicites les plus communes sont celles de rachat, de remboursement et de conversion. L'option de rachat permet à l'émetteur de racheter sa dette pour un montant prédéterminé. L'option de remboursement permet au détenteur d'annuler sa créance pour un montant prédéterminé. L'option de conversion permet au détenteur d'échanger sa créance pour un nombre prédéterminé d'un autre titre de l'émetteur.



Une obligation étant un contrat de prêt à taux fixe, sa valeur, ainsi que celle des options implicites de rachat et de remboursement, dépend du taux d'intérêt qui varie selon un processus aléatoire. La valeur des options implicites est difficile à déterminer directement, car l'exercice d'une option par l'un des joueurs détruit celles qui sont détenues par l'autre, tout en mettant fin au contrat de prêt.

Le modèle considéré est un jeu dynamique stochastique à somme nulle entre l'émetteur et l'investisseur. L'émetteur cherche à minimiser la valeur de l'obligation, alors que l'investisseur cherche plutôt à la maximiser. Leurs stratégies respectives déterminent, en fonction du temps à courir jusqu'à l'échéance et du taux d'intérêt courant, s'il convient ou non de mettre fin au contrat en exerçant leur option de rachat ou de remboursement. La valeur de ce jeu est la valeur de l'obligation assortie de ses options implicites.

La valeur du jeu est obtenue par programmation dynamique en temps discret, correspondant aux dates de notification de l'exercice des options. Le défi consiste à développer des méthodes numériques efficaces et précises pour l'approximation de cette valeur sur l'espace d'état, qui est continu.

Soulignons que beaucoup d'études empiriques en finance reposent sur des données de prix d'obligations, dont on doit retirer une grande partie, c'est-à-dire celles qui comportent des options implicites. Nos résultats permettent d'isoler la valeur de ces options, et par conséquent d'enrichir les bases de données disponibles. **G**

* **Hatem Ben-Ameur** est membre du GERAD et professeur au Service de l'enseignement des méthodes quantitatives de gestion à HEC Montréal.

Lotfi Karoui a un doctorat de l'Université McGill et travaille pour une institution financière à New York.

Pierre l'Écuyer est membre du GERAD, professeur au département d'informatique et de recherche opérationnelle à l'Université de Montréal et titulaire de la Chaire de recherche du Canada en simulation et optimisation stochastique.

Le **troc** : du plus ancien au plus moderne !

Brigitte Jaumard *

Les systèmes de troc sont des systèmes d'échanges entre agents très appréciés des utilisateurs de systèmes pair à pair, tels que Napster (échanges de fichiers), Skype ou Gnutella. Chaque agent, qu'il soit humain ou artificiel, a sa propre fonction d'utilité sur l'ensemble des produits (ex., des fichiers) qui l'amène à proposer des échanges aux autres pairs pour améliorer sa satisfaction individuelle.

L'usage d'un système multiagent permet une flexibilité importante dans un système pair à pair aussi bien au niveau de la dynamique des agents qu'au niveau de leurs accointances. Cependant le problème résultant de l'allocation de ressources est très complexe et, bien qu'il ait déjà fait l'objet de plusieurs études, il existe très peu d'outils de résolution satisfaisants.

La nature des ressources introduites dans un système d'échanges permet de définir les transactions possibles. L'état d'équilibre du système dépend de la possibilité de partage des ressources, complet, partiel, ou encore nul. Ces propriétés inhérentes aux ressources influent aussi sur les mesures de préférences des ressources : évaluation numérique précise ou relation d'ordre entre les ressources, par exemple.

Dans le cas d'une évaluation numérique des préférences, une fonction d'utilité est souvent utilisée. Les propriétés de cette fonction jouent un rôle prépondérant



dans les propriétés de convergence et donc de stabilité du système.

Une autre caractéristique, et non la moindre, est le type de transaction qui sera considéré par les agents de notre système : jusqu'à combien d'agents peuvent participer à une transaction? Ces transactions permettent-elles d'échanger une seule ressource ou plusieurs ressources?

Enfin, la notion de rationalité est également déterminante. On peut définir différents types de comportement face à la rationalité : un agent qui n'accepte une transaction que si elle lui est strictement bénéfique, par exemple, ou un agent coopératif qui peut accepter une transaction lorsque d'autres que lui y gagnent. On peut donc définir des notions de rationalité plus ou moins souples et des comportements particuliers pour les agents.

Deux approches de résolution opposées peuvent être envisagées. Une première, axée sur l'optimisation, passe par le développement de techniques spécialement adaptées pour des problèmes de grande taille mais nécessite un certain degré de centralisation. Une seconde approche, totalement décentralisée ou distribuée, permet une application sur des problèmes dynamiques avec cependant au mieux la garantie d'avoir atteint un optimum local.

Comment estimer la distance entre un optimum local et un optimum global? C'est à cet ambitieux problème que Antoine Nongailard et Anis Ouali¹, dans leurs projets de thèse, veulent s'attaquer

* **Brigitte Jaumard** est membre du GERAD, professeure à l'Université Concordia et titulaire de la Chaire de recherche Concordia en Optimisation des réseaux de communication.

¹ Sous la direction conjointe de B. Jaumard (GERAD et Université Concordia) et P. Mathieu (Université de Lille), pour le premier, et de G. Hébuterne (Institut National des Télécommunications, France), pour le second.

Du **cellulaire** au **banc de poissons** en passant par la vente au détail!

Peter Caines et Roland Malhamé*

Quel rapport peut-il bien exister entre la téléphonie cellulaire, les fluctuations du prix d'un produit affiché par un vendeur et les déplacements de bancs de poissons?

À prime abord, aucun; pourtant, à y regarder de plus près, il s'agit dans tous les cas de situations où un individu essaie de se positionner de façon optimale par rapport à un groupe d'individus partageant des objectifs assez similaires, agissant de manière relativement indépendante, et soumis à des aléas de caractéristiques statistiques communes. L'individu est alors sensible avant tout au comportement moyen du groupe, et demeurera le plus souvent indifférent aux actions particulières d'éléments isolés du groupe en question. Illustrons notre raisonnement.

En téléphonie cellulaire, la conversation d'un téléphone mobile particulier à l'intérieur d'une cellule (c.-à-d., un ensemble de mobiles desservis par une station de base donnée) agit comme un bruit par rapport aux signaux rattachés aux conversations des autres mobiles dans la même cellule. Il y a également le bruit de fond dans les canaux de communication auquel tous les mobiles sont soumis. Chaque mobile doit alors émettre son signal à une puissance suffisamment forte par rapport au bruit environnant pour que la station de base puisse le détecter correctement à l'arrivée. Dans cette dynamique les mobiles se



comportent comme des joueurs non coopératifs agissant l'un sur l'autre par l'intermédiaire de leur comportement moyen. Trop de puissance émise aura l'effet indésirable de vider les piles des téléphones rapidement; à l'inverse, un téléphone cellulaire qui n'émet pas à une puissance suffisante risque de voir son signal noyé par le bruit environnant. Existera-t-il un état d'équilibre?

Dans un marché, un vendeur individuel doit ajuster le prix de ses produits au prix du marché, lui-même résultante de la moyenne des prix individuels auxquels ces produits se vendent par d'autres vendeurs de caractéristiques en général assez similaires.

Enfin, un poisson dans un banc de poissons recherche de la nourriture pour lui-même mais, pour des raisons de survie,

il doit se maintenir au sein du nuage formé par les autres individus, ce qui est une caractéristique de tout déplacement collectif d'animaux. D'un point de vue dynamique, cela signifie que les animaux agissent comme des joueurs décidant indépendamment de leurs déplacements. Cependant, ils s'influencent mutuellement du fait même qu'ils doivent rester proches du barycentre associé à leur dynamique de groupe, lui-même résultante de la *moyenne* de leurs positions instantanées. Là encore, existera-t-il un état d'équilibre?

L'analyse de ces jeux collectifs à grande échelle, où un individu ne ressent l'influence du groupe que par le biais du comportement moyen de ce dernier, passe par une synthèse de deux courants de recherche historiquement indépendants mais qui se rejoignent ici. Le premier courant, issu de la physique, est celui de

* **Peter Caines**, membre du GERAD, est professeur au Département de génie électrique à l'Université McGill

Roland Malhamé, directeur du GERAD, est professeur au Département de génie électrique à l'École Polytechnique de Montréal.

... science (fin).

coopératifs et de respect des engagements (quotas) par les membres.

L'idée de l'équilibre était déjà dans l'air dans les travaux du mathématicien français Antoine Cournot qui a calculé, en 1838, les quantités « optimales » à mettre sur le marché dans le contexte d'un duopole. Dans les années 1920, les travaux de Borel et surtout de von Neumann ont permis des avancées importantes dans la formalisation de concepts clés de la théorie des jeux (stratégie, MinMax, etc.). Le résultat le plus fondamental de cette théorie est, probablement, celui de l'équilibre non coopératif. C'est en 1953, que John Nash a prouvé le fameux théorème précisant sous quelles conditions un tel équilibre existe. Depuis, les développements théoriques et techniques se sont multipliés et les applications ont vite suivi dans des domaines aussi variés que l'économie, la gestion, le domaine militaire, les sciences politiques, la biologie, et autres.

Une carrière sous le signe de la théorie des jeux

Georges Zaccour est arrivé au GERAD, en 1982, dans les premières années du groupe de recherche. Étudiant à la maîtrise, il venait étudier la théorie des jeux sous la direction d'Alain Haurie, fondateur et directeur du GERAD. Plus tard, sa thèse de doctorat allait porter sur des applications des jeux dynamiques dans le secteur de l'énergie, notamment les réseaux électriques interconnectés et le marché du gaz en Europe, un marché qui fait encore couler beaucoup d'encre. Georges Zaccour a obtenu son doctorat en administration de HEC Montréal où, depuis 1986, il est professeur au Service de l'enseignement du marketing. De 2002 à 2006, il a présidé la *International Society of Dynamic Games*, fondée en 1990. Il est coauteur, avec Steffen Jørgensen, du livre *Differential Games in Marketing* (Springer 2004) et il est éditeur associé de plusieurs revues scientifiques dont la *International Game Theory Review*. Il est membre de l'Académie des sciences sociales de la Société royale du Canada et auteur de plus de 85 articles scientifiques. **G**

... Brigitte Jaumard (fin).

dans le contexte de la lecture vidéo en transit (*video streaming*) dans les réseaux pair à pair. Ces réseaux permettent une décentralisation des réseaux en permettant à tous les nœuds de jouer le rôle de client et de serveur. En particulier, les systèmes de partage de données permettent d'avoir des objets d'autant plus disponibles qu'ils sont populaires, et donc répliqués sur des nœuds. Cela permet alors de diminuer la charge imposée aux nœuds partageant les données populaires, ce qui facilite l'augmentation du nombre de nœuds donc de données dans le réseau.

L'objectif est d'une part de développer un modèle d'optimisation réaliste résolu par des techniques spécialisées de résolution de problèmes de grande taille. Par réaliste, nous supposons que toute l'information n'est pas nécessairement connue sur les caractéristiques et les types des agents. D'autre part, l'objectif consiste à développer des algorithmes distribués qui répondent aux contraintes de qualité de services – bande passante, délai – mais aussi d'extensibilité (*scalability*). En disposant de ces deux types de techniques, nous espérons d'une part contribuer au développement d'algorithmes efficaces de gestion des réseaux pair à pair, mais également d'être en mesure d'évaluer leurs performances, d'un point de vue à la fois théorique et pratique. **G**

... Peter Caines (fin).

la mécanique statistique. Cette dernière permet de caractériser le comportement de grands ensembles de particules à partir d'une connaissance du comportement statistique d'une particule individuelle quelconque.

Le deuxième courant issu des mathématiques et de l'économie théorique, est celui de la théorie des jeux; en particulier ici, la notion d'équilibre de Nash pour jeux dynamiques stochastiques. L'appareillage mathématique résultant de la synthèse de ces deux courants de recherche semble porteur de solutions à de multiples problèmes ouverts jusque là. L'idée centrale, que nous avons appelée le *Nash Certainty Equivalence Principle*, est que la trajectoire moyenne d'équilibre recherchée de la masse $r(t)$ sera celle telle que si tous les individus se positionnaient de façon optimale par rapport à $r(t)$, ils reproduiraient collectivement cette même trajectoire $r(t)$.

G

Bulletin du GERAD

Édité 2 à 3 fois l'an par le GERAD.

Directeur
Georges Zaccour
georges.zaccour@gerad.ca

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

Site Internet
www.gerad.ca
bulletin@gerad.ca

Rédacteur en chef
Robin Philpot
rphilpot@sympatico.ca

Traduction
Robin Philpot

Conception graphique
HEC Montréal

Dépôt légal : 2^e trimestre 2007
Bibliothèque nationale du Québec

Reproduction autorisée
avec mention de la source

Newsletter

Groupe d'études et de recherche
 en analyse de décisions

GERAD

“Board games were the springboard for a fast-growing **science**”

Georges Zaccour, HEC Montréal Game Theory and Management Chair holder

Game Theory became a branch of mathematics in the 1940s, and more specifically after the publication of the groundbreaking work *Theory of Games and Economic Behavior* by John von Neumann and Oskar Morgenstern. Its role in economics, however, was only fully recognized fifty years later in 1994 when John F. Nash, John C. Haranyi and Reinhard Selten won the Bank of Sweden Prize in Economics in memory of Alfred Nobel.

“Through their interest in board games like chess, mathematicians proved the theorems that form the basis of Game Theory,” notes Georges Zaccour, a GERAD member, holder of HEC’s Chair in Game Theory and Management, and Professor at HEC Montréal. “John F. Nash, who discovered the equilibrium named after him and whom we received at GERAD in 2005 for the 25th anniversary, might have had underlying economic ideas, but the curiosity of mathematicians was piqued by board games with their action, reaction and strategy.” It is interesting to remember that John Nash’s life was the subject of a book and an Oscar-winning film in 2002, *A Beautiful Mind*.

... Please see **science** on page 2.

bulletin@gerad.ca

SUMMARY

Game theory applications in forward and reverse supply chains	3
GERAD Update.....	5
The manufacturer and the retailer: who wins from cooperative advertising?	6
Deregulated electricity markets are fair game for game theorists.....	7
Restructuring a company in financial distress.....	8
Evaluating options embedded in bonds	9
Bartering is both ancient and ultramodern	10
From cell phones to schools of fish and retail sales!.....	11

The collaboration between the mathematician John von Neumann and the economist Oskar Morgenstern, both researchers at the famous Princeton University Institute of Advanced Study, remains an inspiration for GERAD, which brings together researchers in different disciplines to solve problems in decision-making.

Game Theory applications are expanding steadily and rapidly as illustrated by the examples in this Newsletter. Applications are found in finance, marketing, telecommunications, power generation management, and even in the movement of large schools of fish. According to Georges Zaccour, this expansion will surely continue particularly in finance, supply chain research, economics, and energy and natural resources management, but it can also be expected to grow in biology where it is “booming”, in modelling the spread of cancer, or as a means to explain all sorts of natural phenomena.

Many GERAD researchers apply Game Theory in their work. Moreover, it is interesting to note that Alain Haurie, who founded GERAD, and Georges Zaccour, who headed the centre from 2001 through 2005, are both past presidents of the International Society for Dynamic Games, one of the two international organizations that promote Game Theory.

It is a challenge simply to decline all the different types of games and possible combinations. First there are cooperative games, in which common interest prevails, and non cooperative games, where it is everybody for themselves. Games can be static or dynamic, depending on whether or not the rules and conditions change over time. The players can decide at well defined times (in discrete time) or continuously (differential games, originally developed to solve military problems). Conditions can change in a predictable manner (deterministic games) or randomly (stochastic games).

In cooperative games, the first goal is to choose a strategy that optimizes



John F. Nash (2nd from left) was guest of honour at GERAD's 25th anniversary celebrations in May 2005. With him from left to right, Ms Nash, Michele Breton, and Georges Zaccour, GERAD Director from 2001 to 2005.

the common good, points out Georges Zaccour. Then it is decided how to divide up the dividends stemming from cooperation so that all players involved are satisfied. Solutions can be found that are fragile because they do not represent equilibria (i.e., situations from which nobody has an interest in deviating unilaterally). When a solution is not an equilibrium, it is very tempting for players to deviate from the agreement. Researchers

are now interested in designing cooperative solutions that are also equilibria. That is the best of both worlds, namely the stability of an equilibrium combined with the dividends stemming from cooperation. OPEC, which is a cartel supposedly operating as a cooperative game, provides an interesting example for studying notions such as coopera-

... Please see science on page 12.

Chair in Game Theory and Management

In October 2006, HEC Montréal created the Chair in Game Theory and Management and appointed the first holder, Georges Zaccour. In addition to being a mark of recognition, the Chair represents a significant boost to scientific research on Game Theory, specifically by providing financial support to doctoral and post-doctoral students over a period of several years.

Research initiatives will look at theoretical and algorithmic developments in Game Theory and their applications to management issues. These applications, mainly in marketing and energy and environment, include: conflicts and co-operation in marketing distribution networks; determining marketing strategies in oligopolistic markets; environment cost sharing; coordinating environmental strategies in an international context; coordinating supply chains and the marketing-production interface; and E-commerce and, in particular, its implications for relationships in traditional distribution networks.

Game theory applications in forward and reverse supply chains

Tamer Boyaci, Saibal Ray
with Vedat Verter, Fuminori Toyasaki, Arcan Nalca and Yue Zhang*

This article summarizes three streams of game-theoretic research conducted by McGill Desautels Faculty of Management's Operations Management Area faculty members in collaboration with their doctoral students and post-doctoral fellows. This research can be commonly characterized as being insights-oriented. Specifically, it uses non-cooperative and/or leader-follower (Stackelberg) game-theoretic models of manufacturing/retail supply chains as well as closed-loop supply chains (involving recycling, re-use, remanufacturing). These models are used to develop key managerial and economic insights as to how such systems should be managed in the presence of competition and the impact that specific operational strategies have on their performance.



Price matching guarantees

In the first research stream, doctoral candidate Arcan Nalca, in collaboration with his supervisors Tamer Boyaci and Saibal Ray, studies competitive price matching guarantees (PMGs) frequently observed in the retail sector. PMGs are offers by firms to match any lower price

charged by a competitor so as not to be “under-sold”. Under the simplest form of PMG implementation, a firm matches the lower price offered by a competitor store for an identical product, whenever a customer presents a credible proof of such a lower price (price matching or PM). In reality, however, firms reserve the right to check the availability of the product at the competitor location. If the product is not available there, then the firm might decline to match the lower price, and offer its own list price to the customer (price matching based on availability or PMA).

In order to investigate the effects of in-store availability and its verification,

the researchers build a non-cooperative model of two retail firms offering PMGs and competing in a price-sensitive market with two types of customers, namely uninformed and informed. Uninformed customers are not aware of the prices in the market, whereas informed customers are. The vertical competition in the chain is modeled as a Stackelberg game. Specifically, their model incorporates a manufacturer (leader) who sells the product to the two retailers (followers). The equilibrium analysis of the resulting games turns out to be technically quite challenging as there can be multiple equilibria. Nevertheless, utilizing refinement techniques such as Pareto and Risk

* **Tamer Boyaci** and **Saibal Ray** are both professors at McGill University's Desautels Faculty of Management and are GERAD members. Contributions were made by Professor Vedat Verter, Postdoctoral Fellow Fuminori Toyasaki, and Doctoral Students Arcan Nalca and Yue Zhang, all of the Desautels Faculty of Management.

... **Tamer Boyaci** from page 3.

Dominance, it is possible to select a strategy acceptable to all firms.

Comparative analysis sheds light on the effect of in-store availability. The research identifies the key drivers (in addition to the level of availability itself) as the relative size of the two customer segments and their valuations of the product, and specifies the precise effects on the basis of these factors. They show that the retailer prefers PM over PMA if the uninformed customer segment is relatively larger and the availability of the competitor is also high, or vice versa. The manufacturer, on the other hand, always

Conjugating the players' interests

prefers PM, since it generates higher demand. Furthermore, adopting PMA reduces the intensity of both horizontal and vertical competitions when the uninformed segment has lower valuation of the product, but it increases the intensity when that segment has a higher product valuation.

In a following study, Arcan Nalca, Tamer Boyaci, and Saibal Ray extend their model to investigate the price and inventory decisions of competing retailers under demand uncertainty. In order to spotlight the effects of uncertainty, the model focuses only on informed customers, and tests the economic hypothesis that PMGs lead to tacit collusion and high (monopoly) prices. Their research verifies that when demand uncertainty is low, then the firms are reluctant to apply PMA policy and tacit collusion occurs. As demand uncertainty increases, however, the firms might find it profitable to check product availability (PMA). In fact, the non-cooperative game results in a Nash equilibrium point where one firm offers a monopoly price and order quantity, whereas the other firm offers a higher price and higher order quantity in order to price discriminate custom-

ers based on product availability at the competitor store.

Monopoly or competition in recycling?

The second stream involves research conducted by post-doctoral fellow Dr. Fuminori Toyasaki jointly with Professors Tamer Boyaci and Vedat Verter on closed-loop operations, especially in the context of Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE). Their recent research compares the two forms of collection schemes observed globally (i.e., monopolistic and competitive), and investigates the preferability of each system from the standpoint of manufac-

turers, recyclers and consumers at large.

The industry structure and decisions are modeled in a two-stage game with two recyclers and two manufacturers. The recyclers act as Stackelberg leaders because of their capacity limit. The manufacturers compete non-cooperatively in price in the original product market. In the monopolistic scheme, the manufacturers are members of a non-profit organization (NPO) that allocates the collected end-of-life returns to the recyclers and reflects the associated costs on the manufacturers. In the competitive collection scheme, the manufacturers directly contract with a recycler and bear the costs charged by their dedicated recycler. The model explicitly takes into account economies of scale in treatment/logistics of end-of-life returns.

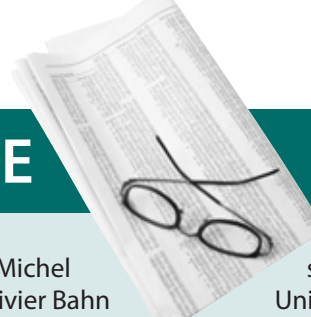
Equilibrium analysis and comparative statistics indicate that the competitive system often results in a win-win situation for all parties (lower product prices, higher profits), except when the original products are highly substitutable. In this case, recyclers may prefer the monopolistic scheme. The research also indicates that consolidation in the recycling industry (as observed in some

countries) is preferable when the economies of scale in recycling are strong or when the products are only weakly substitutable. In addition, the monopolistic system is subject to free-rider problems if the recyclers differ in terms of operational efficiency. In this case, it is necessary for the NPO to allocate returns to recyclers on the basis of the treatment fees charged. The research shows that the competitive scheme can still result in a win-win outcome if the fee sensitivity of the allocation rule and substitutability are low, or if the collection rate is high.

Early-mover advantage

Lastly, in the third research stream, doctoral candidate Yue Zhang and his supervisors Saibal Ray and Vedat Verter apply game theory to investigate a sequential location and pricing problem for two profit-maximizing firms selling identical products. The firms compete on a market represented by a unit line. Each customer purchases one unit of the product from the store which provides it with higher (non-negative) utility. The utility that each customer receives from buying a product is defined as the difference between the reservation price and the total cost of purchase (i.e., store price plus transportation cost). They assume that the early-mover firm first decides on its location as a monopoly. They then focus on understanding: 1) what should be the optimal location and pricing strategy for the firm that enters the market later (late-mover), and 2) how the early mover firm can subsequently react to the entry by only adjusting its price. They formulate the whole problem as a 3-stage Stackelberg game taking into account issues like price undercutting by the first-mover firm in reaction to the entry of the second firm.

They first show that the equilibrium pricing decisions for both firms and the equilibrium location decision for the late-mover firm are neither continuous nor monotone with respect to the reservation price of the customers. In contrast to the existing results in the literature,



Jean-François Cordeau received the Chenelière Éducation/Gaëtan Morin Award on November 14, 2006. The award is given in recognition of research production over the past three years. Jean-François Cordeau holds the Canada Research Chair in Logistics and Transportation and is Associate Professor in the Department of Logistics and Operations Management.

Georges Zaccour received the Pierre-Laurin Award on November 14, 2005. This award is also given in recognition of research production over the past three years. Georges Zaccour holds the Research Chair on Game Theory and Management and is Professor in the Department of Marketing.

Marketing Decision-making Aid Models were the subject of a thematic workshop organized on January 25, 2007, by Professors Sihem Taboubi and Georges Zaccour, of GERAD and HEC Montréal. The workshop brought together thirty-nine students, professors, and industry representatives. Speakers were: Kamel Jedidi of the Graduate School of Business, Columbia University; Alexandre Le Leyzour of Guilbault et associés, Consulting, Research and Marketing Strategies; Jean-François Pagé of Air Canada, Sylvain Sénécal of HEC Montréal;

Adel Bennani of Danone, Michel Bendavid of Videotron, Olivier Bahn and Sihem Taboubi of GERAD and HEC Montréal; Caroline Sarappa of HEC Montréal; and Nawel Amrouche and Georges Zaccour of GERAD and HEC Montréal.

Modelling for Energy and the Environment was the subject of a workshop on February 1, 2007, organized jointly by the Centre for research on e-finance (CREF), the Research Chair on Game Theory and Management, and GERAD. Thirty-nine people took part. Speakers included: Richard Loulou of GERAD; Jean-Guy Demers of CREF and HEC Montréal; David Fuller of the University of Waterloo; Bernard Sinclair-Desgagné of CIRANO and HEC Montréal; Michèle Breton of CREF/GERAD and HEC Montréal; Mark Jaccard of Simon Fraser University; Talat S. Genc of Guelph University; Pierre-Olivier Pineau of HEC Montréal; Ngo Van Long of McGill University; Lucia Sbragia of CREF and HEC Montréal; Alain Haurie of GERAD and ORDECSYS; Georges Zaccour of GERAD, Research Chair in Game Theory and Management, and HEC Montréal.

The **4th Workshop on Optimization of Optical Networks** organized by Professor Brigitte Jaumard, and spon-

sored by GERAD, Concordia University, and the CRT, will be held May 2 and 3, 2007. The speakers will be Nicholas Gagnon, EXFO, Electro-Optical Engineering Inc., Québec, Canada; Wayne D. Grover, TRILabs and the University of Alberta; Roland Wessäly, Konrad-Zuse-Zentrum für Informationstechnik, of Berlin, Germany; and Biswanath Mukherjee, University of California.

UPCOMING CONFERENCES!

- The Conference on Systems and Control, organized by GERAD, École Polytechnique de Montréal and the Cady Ayyad University, will be held May 16 through 18, 2007, at Marrakech, Morocco.
- The Sixth International ISDG Workshop, organized by the ESSEC Business School (France), the Chair in Game Theory and Management (HEC Montréal) and GERAD, will take place September 5 through 8, 2007, in Rabat, Morocco.

See www.gerad.ca for more information.

... Tamer Boyaci

they show that: 1) it is not necessarily optimal that the equilibrium price for the early-mover firm (which sets its price last in the game) would be higher compared to its competitor; and 2) it is not necessarily true that a late-move in pricing by the first firm will result in greater profit for that firm.

Moreover, it is also not necessarily optimal for the early-mover to locate its facility at the middle of the market.

Managers need to be aware that the precise comparison in all the previous three cases depends on the value of the reservation price of the target customer segment. However, if the objective of the early mover is solely to minimize the profit of the later entrant (i.e., optimal “entry deterring” strategy), then the middle of the market is indeed its optimal choice. Interestingly, it may not always be a good strategy for the first-mover to react to the late entry by decreasing its price. In fact, if the

reservation prices of the customers are neither too high nor too low, then the first-mover should react by increasing its price. **G**

The **manufacturer** and the **retailer**: who wins from cooperative advertising?

Sihem Taboubi and Georges Zaccour*

One hundred billion dollars a year! That is the amount spent by American companies on marketing activities destined for distributors. The National Promotional Allowance Association points out that, for consumer product manufacturers, these activities are the second largest item on their expenditure lists, with the first item being production costs.

These activities include the products provided free of charge to distributors, lump sum amounts earmarked for introducing new products in stores, or cooperative advertising or Co-op. For the brand manufacturer, Co-op consists in contributing to the total (or partial) payment of the retailers' advertising or promotional expenses in order to encourage them to promote the brand.

Use of Co-op enables each member in the marketing channel to achieve a certain number of objectives. Through this practice, the retailer can access additional funds to develop advertising strategies and offer promotions to customers. In this manner, the retailer can not only reinforce competitiveness with regards to competitors but also increase customer traffic. Using Co-op, the manufacturer can increase sales to the distributor, encourage promotion of the manufac-

turer's products, and also reach different markets through local marketing initiatives, which by nature are adapted.

Despite the magnitude of the amounts invested, many questions remain unanswered regarding the effectiveness of this practice and the best way to implement it.

That is where Game Theory comes into play. A program of this nature is considered to be of concern to both manufacturers and retailers in a marketing channel (their payoffs are interdependent). The different players are also assumed to make marketing decisions (e.g., retail price, advertising budget, linear space allotted for product) aimed above all at achieving their own objectives (and not a common objective). Therefore, application of Game Theory helps to answer some questions raised by this practice.

Following are some of the typical questions and some solutions that are made available.

Is it optimal for the manufacturer to provide this type of program? And should the retailer agree to it? Comparison of the results of a game in which the manufacturer offers the distributor a cooperative advertising program, to a game where such a program is not offered, makes it possible not only to answer the question about Co-op effectiveness, but also to find out whom in the circuit benefits the most from such programs. It is also possible to find out the participation rates that allow to maximize program effectiveness or to devise a policy for sharing any additional gains generated.



Another intriguing question is to know how a distributor should react when he markets his private label in addition to the manufacturer's label? Does the retailer have any interest in increasing competition against the house brand?

Finally, cooperative advertising can prompt the distributor to promote the brand by reducing the price. Can such a program be envisioned at the risk of trivializing the brand from the customer's viewpoint? A series of research projects at GERAD provided some specific answers and raised some other questions.

The formalism of dynamic games, moreover, makes it possible to take into account activities that impact several periods, such as advertising investments destined at branding for the manufac-

* **Sihem Taboubi** is Assistant Professor, Department of Marketing, HEC Montréal and a GERAD member.

Georges Zaccour is Professor, Department of Marketing, HEC Montréal, a GERAD member and holder of the Chair in Game Theory and Management.

Deregulated **electricity** markets are **fair game** for game theorists

F.D. Galiana, Ebrahim Hasan*

In deregulated electricity markets, generating companies or GENCOs target optimal production now rather than maximum production. An electricity market can be cleared by a merit-order economic dispatch (i.e., power is supplied by GENCOs at optimal cost, efficiency and reliability based on a lowest to highest offer price order). The goal here is to identify the necessary conditions for a pure strategy Nash-based market equilibrium (NE) to exist when GENCOs game through their incremental cost offers or supply functions.

A GENCO may own any number of units, each offering to generate power through an incremental cost curve or supply function consisting of multiple blocks. A mixed-integer linear programming

* **Francisco D. Galiana** is a GERAD member and Professor in the Department of Electrical and Computer Engineering, McGill University
Ebrahima Hasan is a Doctoral Student at GERAD.



(MILP) scheme is then developed to find all Nash equilibria without approximations or iterations. It is then shown how these Nash equilibria are used to derive a dominant offer strategy in terms of gaming or not gaming that best meets the risk/benefit expectations of the participating GENCOs.

The MILP scheme is tested on several systems of up to thirty generating units, each with four incremental cost blocks. Finally, based on these results, a number of numerical analyses are conducted on how market power is influenced by the number and size of the competing GENCOs. **G**

... **Sihem Taboubi** from page 6.

turer and/or the distributor. In addition, comparison of profits and strategies resulting from cooperative and from non-cooperative games also answers the following question: is coordination of marketing activities in this context advantageous or not for each of the

members of the circuit, for the entire circuit, or for the consumer?

The question of cooperative advertising fits into a larger research program on the relationships among the different partners in a marketing channel. Several former doctoral students contributed to this program, including Simon-

Pierre Sigué (Associate Professor at the University of Athabasca), Salma Karray, (Assistant Professor at the University of Ontario Institute of Technology), and Nawel Amrouche (soon to be Assistant Professor at the Long Island University, United States). **G**

Restructuring a company in financial distress

Amira Annabi, Michèle Breton, Pascal François*

A company defaults when it cannot honour its debt. The default materializes when the value of its assets reaches a certain barrier. Such an event can lead to bankruptcy, but it can also prompt reorganization. The problem before us is to evaluate the company, which must take into account the possibility of reorganizing its debt in case of a default event.

In the economy considered, the value of a company's assets obeys a random process. The company is financed by two classes of subordinate debts. In addition, it pays a coupon to its creditors. The default event is triggered when the value of the assets reaches a given barrier at a random stop time.

The model used for the negotiation process takes the form of a game among the different priority class creditors and the shareholders. Three players are considered: the manager (representing the shareholders), the senior creditor (representing the privileged creditors), and the junior creditor (representing the ordinary creditors). The default event triggers the negotiation process that includes successive rounds. At each round, one of

the three players proposes a reorganization plan.

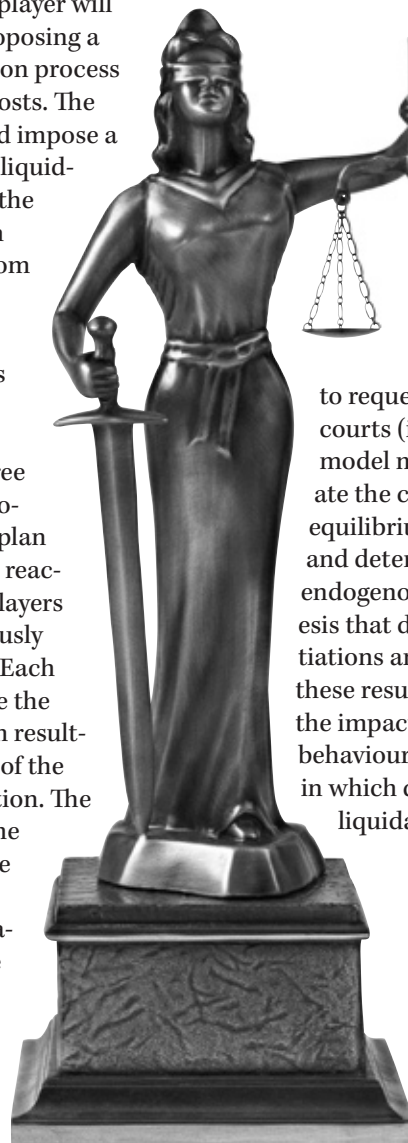
Following this proposal, the two other players can choose to agree to the reorganization plan or to pursue negotiations, while another player will have the privilege of proposing a new plan. The negotiation process takes time and incurs costs. The Court can intervene and impose a reorganization plan, or liquidate the company when the players cannot reach an agreement after a random number of rounds of negotiations.

The negotiation process is thus represented by a series of hierarchical games involving the three players. The "leader" proposes a reorganization plan taking into account the reactions of the two other players who decide simultaneously and non-cooperatively. Each player tries to maximize the share that comes to him resulting from a new sharing of the company, or its liquidation. The value of continuing is the expected result from the equilibrium at the following round of negotiations, whereas the state variable is the value of the company's assets, which in turn is randomly determined.

If a reorganized company emerges from the process, it continues its activities by distributing new coupons to its creditors until the next default event, and that triggers a new negotiation process.

It is important to note that the value of the company depends on the breakdown among shareholders and creditors (or the debt structure). Moreover, the shareholders decide when it is best for a company

to request protection from the courts (i.e., default barrier). This model makes it possible to evaluate the company, determine the equilibrium structure of the debt, and determine the default barrier endogenously, based on the hypothesis that default gives rise to negotiations among the parties. With these results, it is possible to assess the impact of the players' strategic behaviour with respect to a model in which default necessarily leads to liquidation. **G**



* **Amira Annabi** is a doctoral student at GERAD.

Michèle Breton is a member of GERAD, Professor in the Department of Management Sciences at HEC Montréal, and Director of the Centre for Research on E-Finance.

Pascal François is Associate Professor in the Department of Finance at HEC Montréal.

Evaluating options embedded in bonds

Hatem Ben Ameur, Michèle Breton, Pierre l'Écuyer, Lotfi Karoui*

Many bonds carry embedded options held by different players, such as the bond issuer and holder. The most common embedded options are redemption, put, and conversion. The redemption option enables the issuer to buy back the debt for a preset amount. The conversion option allows the holder to exchange the debt for a preset number of the issuer's securities.

Since the bond is a fixed rate loan contract, its value and that of the redemption and put options depend on the interest rate which varies randomly. The value of the embedded options is difficult to determine directly, since when one player exercises an option he effectively destroys the options held by the other player and also terminates the loan contract.

The model considered is a zero-sum dynamic stochastic game between the issuer and the investor. The issuer seeks to minimize the bond value, whereas the investor seeks to maximize it. Based on



the time until maturity and the current interest rate, their respective strategies determine whether it is better or not to terminate the contract by exercising the redemption or put options. The value of this game is the bond value plus the embedded options.

The value of the game is obtained by a dynamic game in discrete time, corresponding to the notification dates when options are exercised. The challenge consists in developing efficient and accurate numerical methods for approximating this value on the state space, which is continuous.

It should be noted that many empirical studies in finance are based on bond price data, from which a large number must be withdrawn, namely those that include embedded options. With our

results, it is possible to isolate the bond values and thereby enhance the data bases available. **G**

* **Hatem Ben-Ameur** is a member of GERAD and Professor in the Department of Management Sciences at HEC Montréal.

Lotfi Karoui has a Ph.D. from McGill University and now works for a financial institution in New York.

Pierre l'Écuyer is a member of GERAD, Professor in the Department of Computer Science and Operations Research at the Université de Montréal, and Chairholder of the Canada Research Chair in Stochastic Simulation and Optimization.

Bartering is both ancient and ultramodern

Brigitte Jaumard*

Barter is an exchange system among agents that is much appreciated by peer-to-peer systems, such as Napster (file exchanges), Skype, or Gnutella. Each agent, human or artificial, has its own utility function for all products (e.g., files), which prompts it to propose exchanges with other peers to enhance individual satisfaction.

Use of a multiagent system provides important flexibility in a peer-to-peer system from the standpoints of both agent dynamicity and contacts. Nonetheless, the problem resulting from resource allocation is very complex and, though it has been the subject of several studies, there are very few satisfactory tools for solving it.

The nature of the resources introduced in an exchange system makes it possible to define the possible transactions. System equilibrium depends on the possibility of sharing resources, either completely, partially, or not at all. The properties inherent in the resources influence the measurement of resource priority, i.e., exact numerical evaluation or order relation of resources.

In numerical priority evaluation, a utility function is often used. The properties of this function play a leading role in the convergence properties and thus in system stability.

* **Brigitte Jaumard** is a member of GERAD, Professor at the Concordia Institute of Information Systems Engineering, and holder of the Concordia Research Chair on Optimization of Communication Networks



Another feature, and by no means the least, is the type of transactions that will be considered by the system agents: up to how many agents can participate in a transaction? Do these transactions enable exchange of one or more resources?

Finally, the notion of rationality is also a determining factor. The different types of behaviour regarding rationality can be defined: an agent who does not agree to a transaction unless it is unquestionably beneficial, for instance, or a cooperative agent who can agree to a transaction when others gain from it. It is therefore possible to define the notions of rationality somewhat flexibly as well as the specific behaviour of the agents.

Two opposing approaches to solving the problem can be envisioned. The first, cen-

tered on optimization, involves development of specially adapted techniques for problems of very large size, but it requires a certain degree of centralization. The second approach, totally decentralized or distributed, can be used for dynamic problems with the proviso that, at best, it guarantees that a local optimum has been reached.

How can the distance between the local optimum and overall optimum be estimated? Antoine Nongillard and Anis Ouali¹ have decided to take on this challenge in their doctoral theses in video streaming in peer-to-peer networks.

(1) Jointly directed by B. Jaumard (GERAD and Concordia University) and P. Mathieu (Université de Lille) for the former and by G. Hébuteme (Institut National des Télécommunications, France) in the case of the latter.

From cell phones to schools of fish and retail sales!

Peter Caines and Roland Malhamé*

What could cell phones, retail product price fluctuations, and schools of fish have in common?

Nothing! At least at first sight. Nonetheless, a closer look shows that they are instances of individuals trying to find an optimal position with respect to a group of individuals sharing somewhat similar objectives, acting relatively independently, and who are subject to uncertainties of common statistical characteristics. The individual is thus above all sensitive to the average behaviour of the group and will most likely remain indifferent to specific actions of isolated members of the group in question. An illustration helps to understand.

In cell telephony, the conversation of a particular mobile telephone in a cell (i.e., a set of mobile phones served by a given base station) acts like a noise in relation to the signals linked to other conversations on other mobile phones in the same cell. Mobile phones are also subject to the background noise in the communication channels. Each mobile therefore must emit a strong enough signal in relation to the background noise so that the base station can detect it correctly when it arrives. In this type of dynamic, mobile phones behave like non-cooperative players acting on each other through their



average behaviour. A signal that is too strong has the undesirable effect of draining the telephone battery quickly. On the other hand, a mobile phone whose signal is too weak might be drowned out by the background noise. Is it possible to find an equilibrium?

In a market, an individual retailer must adjust product prices to the market price, which in turn is the average of the individual prices these products are sold for by other retailers whose characteristics are similar on the whole.

Finally, a fish within a school of fish searches for food for itself. For survival purposes however, it has to remain in the school formed by other individuals, a common feature of all animal herd movements. From a dynamic standpoint, this means that animals act as players that

independently decide on their movements. However, they influence each other by the fact that they must remain close to the barycentre associated with their group dynamics, which is the result of the average of all their instantaneous positions. The question is raised again: is there an equilibrium?

Analysis of these large scale collective games in which the individual feels the influence of the group only through the group's average behaviour is achieved through a synthesis of two currents in research that have historically been independent but that converge here. The first current is Statistical Mechanics, which stems from Physics. Statistical Mechanics is used to characterize the behaviour of large sets of particles based

* **Peter Caines** is a member of GERAD and is a Professor in the Department of Electric Engineering at McGill University.

Roland Malhamé is Director of GERAD and is a Professor in the Electrical Engineering Department at École Polytechnique de Montréal.

tive equilibria and respect of agreements (quotas) by members.

The equilibrium idea was already present in work done by the French mathematician Antoine Cournot, who in 1838 calculated the optimal quantities to be put on the market in the context of a duopoly. In the 1920s, Borel's work and above all that of John von Neumann led to major advances in the formalization of key Game Theory concepts (strategy, MiniMax, etc.). The most fundamental result of this theory was probably the non cooperative equilibrium. In 1953, John Nash proved the famous theorem specifying the conditions in which such an equilibrium occurs. Since then, the theoretical and technical developments have multiplied, and applications rapidly followed in a wide variety of areas encompassing economics, management, the military, political science, biology and more.

A career marked by Game Theory

Georges Zaccour joined GERAD in 1982 just after the research centre was founded. As a Master's student, he came to study Game Theory under GERAD founder and director Alain Haurie. Later his doctoral thesis studied Game Theory applications in the energy sector, and particularly interconnected electricity grids and the European natural gas market, a subject that is still making headlines. Georges Zaccour earned his Ph.D. in Administration from HEC Montréal where he has been Professor in the Department of Marketing since 1986. From 2002 to 2006, he was president of the International Society of Dynamic Games, founded in 1990. He is coauthor with Steffen Jørgensen of the book *Differential Games in Marketing* (Springer 2004) and is associate editor of several scientific journals including the *International Game Theory Review*. He is a fellow of the Social Sciences Academy of the Royal Society of Canada and has published more than 85 scientific articles. **G**

These networks enable network decentralization by letting all nodes play the role of customer and server. Specifically, data sharing systems make objects all the more available because they are popular, and thus have replicas on the nodes. That makes it possible to reduce the load on the nodes that share popular data, which facilitates the increase in the number of nodes, and thus also the number of data on the network.

The objective, on the one hand, is to develop a realistic optimization model resolved using specialized techniques for solving very large problems. Realistic here means that it is assumed that all information is not necessarily known about the characteristics and types of agents. On the other hand, the objective consists in developing distributed algorithms that meet service quality constraints – bandwidth, time limits – and also scalability constraints. With these two types of techniques, we hope to contribute to the development of efficient peer-to-peer network management algorithms, and also to be able to assess their performance from both a theoretical and a practical standpoint. **G**

on an understanding of the statistical behaviour of any individual particle.

The other current is Game Theory, which stems from Mathematics and theoretical economics. In particular in this case, it is the Nash equilibrium notion of stochastic dynamic games. The mathematical apparatus resulting from the synthesis of these two research currents appears to provide solutions to many previously open problems. The central idea, which we call the Nash Certainty Equivalence Principle, is that an average equilibrium trajectory for the mass $r(t)$ must be one such that, if all individuals position themselves optimally with respect to $r(t)$, they will collectively reproduce the very same trajectory $r(t)$. **G**

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: 2nd quarter 2007
 Bibliothèque nationale du Québec

Reproduction authorized with
 acknowledgement of source.