

GERAD

Groupe d'études et de recherche en analyse des décisions

HEC Montréal • École Polytechnique de Montréal • Université McGill • Université du Québec à Montréal

VOLUME 8 • NUMÉRO 2 • NOVEMBRE 2011



Comprendre
pour modéliser

BULLETIN

Sommaire

- 3 Éditorial
- 4 Entrevue avec Luc-Alain Giraldeau
- 6 Entrevue avec Mehmet Gümüş
- 8 Garder nos lumières allumées
- 10 La modélisation de vagues de température extrême
- 12 Parlons de l'offre
- 14 Sécurité énergétique
- 15 Contraintes de complémentarité
- 17 Conflit versus coopération dans un système en deux phases
- 18 Les Cahiers du GERAD
- 19 Bourses d'études
- 20 Prix et soutenances de thèses
- 21 Stagiaires
- 22 Visiteurs
- 23 Activités

Édité 2 fois l'an par le GERAD

DIRECTEUR DU BULLETIN

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

ADRESSE COURRIEL

bulletin@gerad.ca

TRADUCTRICES

Marie-Carole Daigle
Josée Lafrenière

JOURNALISTE

Véronique Pagé

RESPONSABLE DE L'ÉDITION

Francine Benoît

CONCEPTRICE GRAPHIQUE

Valérie Lavoie-LeBlanc

DÉPÔT LÉGAL : 4^e trimestre 2011

Bibliothèque nationale du Québec

Reproduction autorisée avec mention de la source

Éditorial par Jean-Philippe Waaub



Ce numéro du Bulletin propose deux entrevues pour connaître plus en profondeur Luc-Alain Giraldeau (UQAM) et Mehmet Gümüş (McGill). Luc-Alain Giraldeau est professeur au Département de biologie et vice-doyen à la recherche de la Faculté des sciences de l'UQAM. Depuis une trentaine d'années, il étudie les décisions prises par les animaux en utilisant la théorie des jeux. Ouvert à des collaborations, il a rejoint le GERAD depuis un an. Plusieurs chercheurs du GERAD développent en effet des applications de la recherche opérationnelle au secteur des « sciences de la vie ».

Mehmet Gümüş est professeur au Département de gestion des opérations de l'Université McGill depuis 2007, après avoir effectué ses études de maîtrise en économie et de doctorat en génie industriel et recherche opérationnelle à l'Université de Californie à Berkeley. Il travaille notamment sur les questions d'asymétrie d'information dans la gestion des chaînes d'approvisionnement, dans les mécanismes dynamiques de fixation des prix, et dans la gestion de risque. Cinq comptes rendus de recherche sont également proposés aux lecteurs. Ils abordent respectivement les sujets suivants : l'approvisionnement en électricité à l'heure de l'expansion des sources renouvelables et des « smart grids » (M.F. Anjos et al.); la modélisation des tendances évolutives des vagues de chaleur dans un contexte d'augmentation des événements climatiques extrêmes (D.J. Dupuis); les risques et garanties entre fournisseurs et acheteurs dans les chaînes d'approvisionnement concurrentiel (M. Gümüş et al.); l'utilisation d'une approche robuste avec le modèle TIAM-World pour aborder la sécurité d'approvisionnement en énergie de l'Europe (R. Loulou et al.); la résolution de problèmes d'optimisation avec contraintes de complémentarité (Z. Coulibaly et D. Orban); et l'avantage de la coopération dans les systèmes de production en deux phases comme ceux que l'on retrouve dans l'industrie automobile (E. Wagneur et al.).

D'autre part, l'éditorial de ce numéro constitue pour moi une occasion de souligner tout le plaisir que j'ai de travailler avec l'équipe du GERAD. Enfin, je tiens à remercier mon prédécesseur à la direction du GERAD, Roland Malhamé, pour le travail accompli et plus particulièrement pour son implication cruciale dans le renouvellement pour 6 ans de notre subvention de regroupement stratégique du FQRNT.

Bonne lecture.

Jean-Philippe Waaub
Directeur du GERAD

Entrevue avec Luc-Alain Giraldeau

Des pigeons et de l'intuition

par Véronique Pagé

Luc-Alain Giraldeau analyse des décisions depuis près de trente ans. Professeur à l'UQAM depuis 2000, il y est maintenant vice-doyen à la recherche. Pourtant, il n'est membre du GERAD que depuis un an environ. Surprenant... sauf si on mentionne que M. Giraldeau est biologiste et s'intéresse à la décision chez les animaux!

Soit, les pigeons se préoccupent moins des cotes boursières que de l'endroit où trouver les meilleurs morceaux de nourriture. Il n'en demeure pas moins que les outils mathématiques qu'utilise Luc-Alain Giraldeau pour comprendre l'origine de leurs « décisions » sont inévitablement semblables à ceux utilisés par des chercheurs plus « traditionnels » du GERAD. Aussi, quand Roland Malhamé, directeur du GERAD à l'époque, l'a contacté pour lui proposer de devenir membre du groupe, M. Giraldeau a accepté avec joie. Son approche du problème de la décision, forcément, est différente : « L'étude de la décision vise généralement à identifier le meilleur choix pour ensuite le recommander au décideur. Je travaille à l'inverse : je regarde l'agent qui décide et j'essaie de comprendre comment il prend sa décision, quels sont ses biais, quelles sont ses limites. »

La sagesse de l'intuition

La décision animale, pour Luc-Alain Giraldeau, n'est qu'intuition. Mais attention : celle-ci, dans les travaux du chercheur, gagne ses lettres de noblesse. Forcée par la sélection naturelle, l'intuition donne la meilleure façon d'atteindre une solution stable à un jeu qui dure depuis des générations. À l'instar de John Maynard Smith, qui a introduit l'idée dans les années soixante-dix, Luc-Alain Giraldeau applique en effet la théorie des jeux au comportement animal : « Un théoricien, par exemple au GERAD, peut utiliser la théorie des jeux pour trouver en temps réel la solution optimale. Quand on regarde les animaux, ce calcul savant pour trouver la bonne réponse, c'est la sélection naturelle qui l'a fait, en éliminant tous les mauvais mécanismes de décision. La théorie des jeux évolutive est utile pour essayer de comprendre quelle est la solution qui est stable du point de vue de l'évolution. » On s'attend donc à ce que le comportement animal reflète ce que la

théorie des jeux aurait prédit.

Est-ce à dire que l'intuition ne trompe jamais, que les animaux, au contraire des humains, ne font jamais d'erreurs? « Non, certainement pas. Il y a des variations stochastiques, d'abord, si bien qu'on ne peut dire que l'intuition ne fonctionne qu'en moyenne. Mais aussi, si on sort complètement l'animal du contexte pour lequel son intuition a évolué, il peut se tromper. » Il interprète alors mal l'information de son environnement.



En connaissant la solution d'équilibre vers laquelle l'animal tend naturellement, on peut même détourner son comportement. La taumachie en est un bon exemple : « Les

toréadors ne sont pas si braves! Je n'irais jamais dans une arène... Mais ils ont tout de même un très bon truc. » Disons que les toréadors ajoutent à leur courage un peu de connaissance sur le comportement animal! « Lorsqu'ils agitent leur cape devant le taureau, celle-ci prend naturellement la forme d'une tête de taureau baissée. Ceci est un signal pour le taureau de foncer vers cette tête, et non pas vers le toréador, qui est pourtant la vraie source de danger. »

Les pigeons voleurs

Au cours de sa carrière, Luc-Alain Giraldeau s'est particulièrement intéressé au jeu producteur-chapardeur. Imaginons un groupe de pigeons qui picorent le sol. Tous les pigeons semblent chercher de la nourriture; sitôt qu'un en trouve, les autres accourent. « Mais si on identifie les pigeons, qu'on les bague, on découvre qu'en fait, ce sont toujours les mêmes qui trouvent. Non pas qu'ils soient meilleurs : c'est seulement qu'ils sont les seuls à chercher. » Parce que non, tous les oiseaux ne travaillent pas : certains, les chapardeurs, ne font qu'attendre que les véritables chercheurs trouvent des grains pour tenter de profiter de leur découverte. Plus il y a de producteurs, plus il devient tentant de chaparder; à l'inverse, si tous chapardent, quelqu'un, quelque

part, finira bien par décider de se remettre au travail. Il existe donc un point d'équilibre où aucun individu n'a intérêt à changer son rôle. Quand cet équilibre, dit de Nash, est atteint, « on est pris. Plus rien ne peut changer ». La situation est alors optimale pour chaque individu, mais pas nécessairement pour le groupe.

Ce point d'équilibre n'est valide que pour un ensemble de conditions données. Lorsque celles-ci changent, les individus (ou du moins leur intuition!) doivent être outillés pour atteindre le nouveau point d'équilibre. Chaque pigeon, qu'il soit producteur ou chasseur, doit décider s'il est préférable de garder son rôle ou de le changer. Cette décision dépend fortement de ce que font les autres individus, qui sont eux-mêmes en train de reconsidérer leur rôle. Si tous changent d'idée sans arrêt, il devient impossible d'obtenir l'information nécessaire à la prise de décision. Luc-Alain Giraldeau a découvert qu'il existe un nombre optimal d'individus « conservateurs », qui ne changent jamais de rôle quoi qu'il arrive : ces non-apprenants fournissent aux autres individus une information de base qui permet de choisir si oui ou non il est préférable de changer de rôle.

Un jeu sérieux

Au cours de sa carrière, Luc-Alain Giraldeau a été aux premières loges de l'évolution des ordinateurs. Si cela a affecté ses recherches, « c'est en nous permettant de poser des questions plus compliquées, et donc d'obtenir des réponses qu'on n'aurait jamais pu obtenir autrement. »

Prenons un nouveau groupe de producteurs-chasseurs, et remplaçons nos inoffensifs pigeons par de féroces prédateurs. L'animal qui est leur proie souhaite probablement que le nombre de producteurs (ceux qui cherchent activement la « nourriture ») soit le plus petit possible, afin que le groupe de prédateurs soit le moins productif possible. La proie peut tenter d'influencer la composition du groupe de prédateurs en formant elle-même un groupe. Une solution peut-être idéale dans la nature, mais diablement compliquée d'un point de

vue algorithmique! « Nous avons utilisé deux algorithmes génétiques imbriqués l'un dans l'autre, un pour la proie, un pour le prédateur. Il aurait été impossible de faire une chose pareille il y a trente ans. » Ceci a d'ailleurs mené à une solution inattendue. Le chercheur croyait en effet que la proie avait intérêt à former de très grands groupes. C'était sans compter sur un autre facteur : « Si le groupe de proie est découvert [par un des producteurs du groupe de prédateurs]... tout le monde meurt! Dans une situation de très grand groupe, toute l'espèce disparaissait. Il y a donc une agrégation optimale de la proie pour avoir le plus de chasseurs possible dans le groupe des prédateurs tout en diminuant le risque d'extinction. »

Il voit son engagement au GERAD comme une opportunité « d'amener cette puissance extraordinaire de la théorie des jeux et de la décision à contribuer à notre questionnement sur les processus décisionnels des agents qui ont évolué pour fonctionner dans des environnements sociaux ».

Groupes d'animaux... et groupe de recherche

Pour le chercheur, le GERAD offre une perspective attrayante. Il supervise déjà un étudiant au doctorat boursier du GERAD, Mohammad Afshar, venant du domaine de l'intelligence artificielle. « Il a évidemment les habiletés pour faire des simulations encore plus poussées. Il arrive avec tous les outils de la décision, qu'il a utilisés dans un contexte de robotique, mais qu'il applique maintenant au comportement animal. Cela ouvre beaucoup de possibilités; j'ai espoir que Mohammad va amener notre domaine un peu plus loin sur la décision individuelle ». Il voit son engagement au GERAD comme une opportunité « d'amener cette puissance extraordinaire de la théorie des jeux et de la décision à contribuer à notre questionnement sur les processus décisionnels des agents qui ont évolué pour fonctionner dans des environnements sociaux ». Cela bien sûr, à condition que les collègues de Luc-Alain Giraldeau au GERAD soient informés de son sujet d'étude... Voilà qui est fait! ■

Luc-Alain Giraldeau
Vice-doyen à la recherche
Faculté des sciences

Université du Québec à Montréal et GERAD

Entrevue avec Mehmet Gümüş

Une passion pour l'information

par Véronique Pagé

Il était une fois un officier de la marine turque qui lisait beaucoup. Il lisait, semble-t-il, tout ce qui lui tombait sous la main : des livres d'économie, de physique théorique, d'ingénierie industrielle, qu'il avait étudiée quelques années plus tôt. L'officier dut éventuellement admettre que toutes ses lectures ne satisferaient jamais sa soif de connaissances; aussi, il s'inscrit à un doctorat en génie industriel de l'autre côté de la planète, à l'Université de Californie à Berkeley.

« Les compagnies ne sont plus les seuls acteurs de leurs décisions en matière de production. Un détaillant canadien achète ses produits d'un manufacturier chinois, qui achète ses matériaux d'un fournisseur vietnamien... Plus nous avançons dans le processus de mondialisation, plus la chaîne d'approvisionnement s'allonge. »

Si une dizaine d'années se sont écoulées depuis cette aventure, Mehmet Gümüş, ancien officier turc devenu professeur associé à la Faculté de gestion Desautels de l'Université McGill, n'a pas perdu une goutte de son enthousiasme ni de sa curiosité (bien qu'il ne souhaite pas particulièrement en savoir plus sur l'hiver montréalais). Depuis son arrivée à McGill en 2007, il concentre ses efforts sur une foule de questions reliées à l'asymétrie d'information et à la tarification.

Mensonges et secrets

L'asymétrie d'information est un problème de taille dans un marché mondialisé : « Les compagnies ne sont plus les seuls acteurs de leurs décisions en matière de production. Un détaillant canadien achète ses produits d'un manufacturier chinois, qui achète ses matériaux d'un fournisseur vietnamien... Plus nous avançons dans le processus de mondialisation, plus la chaîne d'approvisionnement s'allonge. » Il peut y avoir cinq, voire dix maillons de cette chaîne entre le premier fournisseur et le détaillant (ou le consommateur). Si celui-ci peut arriver à se renseigner sur son fournisseur immédiat, peut-on vraiment croire qu'il possède une information détaillée des autres maillons de la chaîne? Saura-t-il vraiment que le manufacturier chinois appréhende une grève ou que l'entrepôt vietnamien vient d'être inondé? De la même façon, les fournisseurs peuvent ignorer complètement qui sera le consommateur ultime de leur produit.

L'information, donc, ne s'écoule pas toujours facilement

(ou librement) le long de la chaîne d'approvisionnement. Ceci souvent parce que fournisseurs, manufacturiers et détaillants craignent le pouvoir de celle-ci : « J'ai remarqué que lorsqu'un élément de la chaîne possède une information qu'il juge importante, il choisit souvent de ne pas la partager. S'il la partage, il l'aura généralement d'abord déformée. Chacun

craint que partager de l'information puisse leur nuire. Je cherche donc des mécanismes qui puissent encourager le partage fiable d'information. » Malheureusement, a-t-il découvert, les craintes sont souvent fondées. Si un détaillant peut généralement se permettre de faire connaître ce qu'il sait aux

maillons qui le précèdent, l'inverse est loin d'être vrai. Un fournisseur a tout à perdre à faire circuler ses informations vers l'aval de la chaîne.

Les aléas de la vie

Mais une chose que tout détaillant veut savoir, c'est s'il a affaire à un manufacturier ou un fournisseur honnête. Ceci n'est pas sans rappeler la relation entre un patron et ses employés. Si le patron souhaite s'assurer que ses employés travaillent bien, il ne peut pas passer tout son temps à les surveiller. Ceci, dans un contexte où les intérêts des employés diffèrent généralement de ceux du patron : « Cette forme particulière d'asymétrie d'information se nomme un aléa moral (*moral hazard*). Un étudiant au doctorat et moi-même étudions la question de l'aléa moral dans le contexte de la chaîne d'approvisionnement. » Imaginons un fournisseur dont les méthodes archaïques affectent le rendement des autres maillons de la chaîne. Pour des raisons évidentes, le manufacturier demande à ce fournisseur de se mettre à jour. Pour le fournisseur, cela représente un investissement majeur, qu'il doit faire seul, alors que les avantages de cet investissement seront partagés par plusieurs. Il risque donc de ne rien faire du tout. Comment le convaincre d'améliorer ses méthodes?

Mehmet Gümüş et son étudiant ont formulé trois scénarios de réponse. Le premier, qui sert de point de référence, en est un où le manufacturier ne fait rien pour encourager le fournisseur. C'est un



scénario où le laisser-faire règne. Dans le deuxième scénario, le manufacturier introduit des pénalités dans le contrat qui le lie au fournisseur. Enfin, dans le troisième scénario, le manufacturier envoie des inspecteurs chez le fournisseur et surveille les mises à jour. Il faut alors vérifier si les investissements nécessaires à l'application des deuxième et troisième scénarios sont justifiés.

Dans le cas qui nous intéresse, « un contrat qui inclut des pénalités permet au fournisseur d'obtenir véritablement sa part des avantages liés à son investissement. Cela crée une situation où le fournisseur et le manufacturier se retrouvent tous les deux en meilleure posture. Par contre, et bien que nos résultats soient préliminaires, nous avons identifié des situations où le laisser-faire semble être l'approche la plus rentable. » Une pénalité ne peut être appliquée que si on sait bien distinguer les fournisseurs qui mettent vraiment la main à la pâte de ceux qui ne cherchent qu'à bien paraître sans faire d'efforts. Comme le dit si bien le chercheur, « les gens paresseux savent qu'ils le sont, aussi ils tentent toujours d'imiter les gens qui travaillent bien! » Une façon de contourner ce problème est d'offrir des récompenses substantielles aux fournisseurs méritants... ce qui peut parfois éliminer le profit qu'on cherchait à tirer de cet effort! De la même façon, surveiller de très près un fournisseur délinquant peut ne pas en valoir la peine. Dans de tels cas, il ne reste qu'à souhaiter que le fournisseur soit honnête et à passer son chemin si quelque chose indique qu'il ne l'est pas.

Quand l'information devient vitale

L'asymétrie d'information ne joue pas seulement un rôle important en gestion. À n'en pas douter, ces questions intéressent Mehmet Gümüş malgré tout : « Depuis le 11 septembre, plusieurs pays, à commencer par les États-Unis, tentent de prévenir de nouvelles attaques terroristes. Pour ce faire, les agences gouvernementales ont besoin de deux informations cruciales. » Elles veulent, d'une part, savoir quelle sera la prochaine cible d'un groupe terroriste. L'autre information d'importance est reliée à un domaine qui intéresse le chercheur depuis son doctorat : le comportement du consommateur. « Les terroristes ont ceci en commun avec les consommateurs qu'ils n'agissent pas toujours de manière rationnelle. Dans certains cas, leurs actions, leurs stratégies,

trahissent leur irrationalité. » Si un fonctionnaire rationnel peut arriver à comprendre un terroriste rationnel, chercher à comprendre un terroriste irrationnel est une perte de temps. C'est donc là la seconde information que les gouvernements doivent tenter d'obtenir. Le chercheur, de son côté, essaie d'identifier laquelle de ces deux informations est la plus utile, et en quelles circonstances.

Les cannibales de l'Amazon(e)

L'étude du comportement du consommateur joue aussi un rôle dans la tarification, le deuxième axe de recherche de Mehmet Gümüş. L'avènement et la multiplication de magasins sur Internet tels Amazon amènent des questions nouvelles : « Par exemple, les consommateurs ont une forte réaction à des mots tels que "livraison gratuite", même quand il est évident que la livraison est simplement incluse dans le prix. Je tente de modéliser cette réaction irrationnelle. » De plus, ces magasins virtuels offrent maintenant des produits usagés autant que

des produits neufs, souvent les uns à côté des autres. Quand un produit complètement nouveau comme le iPhone 5 arrive sur le marché, il n'est pas en compétition avec des équivalents usagés. Mais il ne faut souvent que quelques semaines avant que la donne ne change : « On voit alors un phénomène de "cannibalisation", où les produits deviennent en compétition avec eux-mêmes. » Ceci affecte la valeur de la traditionnelle clause de rachat qui lie le détaillant au manufacturier, qui se retrouve souvent dans une position plus favorable qu'auparavant.

des équivalents usagés. Mais il ne faut souvent que quelques semaines avant que la donne ne change : « On voit alors un phénomène de "cannibalisation", où les produits deviennent en compétition avec eux-mêmes. » Ceci affecte la valeur de la traditionnelle clause de rachat qui lie le détaillant au manufacturier, qui se retrouve souvent dans une position plus favorable qu'auparavant.

Les projets de Mehmet Gümüş ne s'arrêtent pas là, et il en est bien content. Sa participation au GERAD lui offre la possibilité de collaborer avec un plus grand nombre de chercheurs, et d'élargir ainsi encore plus ses champs d'intérêts. Les lectures de l'officier Mehmet Gümüş ne font que commencer! ■

Garder nos lumières allumées

Miguel F. Anjos, James Ostrowski et Anthony Vannelli

L'électricité est essentielle à presque tous les aspects de notre vie quotidienne. L'approvisionnement en électricité fonctionne si bien depuis tant d'années que nous l'oublions. Son importance dans nos vies n'est pleinement appréciée que quand le courant est coupé! En effet, notre société est presque au point mort sans électricité, comme des millions de Québécois l'ont réalisé en mars 1989 et janvier 1998.

Notre réseau électrique est une merveille d'ingénierie développée au long des dernières décennies. Une des questions fondamentales est de faire correspondre l'offre et la demande. Ce problème doit être résolu pour des périodes qui varient en durée très courte (fonctionnement en temps réel) à extrêmement longue (planification sur plusieurs décennies de la capacité de génération pour répondre à une demande toujours croissante). Pour une période de quelques jours, ce problème est généralement appelé « unit commitment » (UC).

Le problème UC typique concerne la planification des opérations d'environ 200 générateurs électriques sur un horizon d'un jour à une semaine afin de répondre à la demande à moindre coût. La solution doit satisfaire les exigences de chaque générateur (par exemple, sa capacité de production) et les exigences du système dans son ensemble (par exemple, il doit y avoir suffisamment de réserves disponibles en cas d'augmentation imprévue de la demande). Chaque générateur a des coûts de production différents et, dans certains cas, une disponibilité variable (l'énergie éolienne, par exemple). Le problème est plus compliqué par le fait que la demande d'électricité varie de façon significative selon la période de l'année et le moment de la journée. De plus, l'électricité doit être utilisée immédiatement après la production, car la capacité de stockage est extrêmement limitée.

Ce contexte pose un problème d'optimisation qui, pour toute application réaliste, est de grande taille et exige beaucoup de temps de calcul. Par ailleurs, il est possible de remarquer d'importants bénéfices économiques grâce à une meilleure prise de



décisions de UC. Les techniques d'optimisation sont utilisées depuis de nombreuses années pour résoudre le problème. En effet, des efforts considérables ont été investis pour développer des méthodes qui améliorent la qualité de la solution. Étant donné les coûts impliqués et le besoin de résoudre les problèmes de UC régulièrement, toute amélioration des décisions représente d'importantes économies.

Le problème UC est généralement modélisé comme un problème de programmation linéaire en nombres entiers. La complexité des formulations a augmenté au fil des ans avec la croissance de la puissance de calcul. Néanmoins, une difficulté majeure dans la résolution de ces problèmes est la présence de variables binaires pour modéliser des éléments clés tels que l'état d'opération de chaque unité de production.

Le but de cet article réside dans la nécessité de mieux comprendre les combinaisons possibles des variables binaires dans les solutions de UC. Nous avons pris une formulation linéaire en nombres entiers de base et fait une comparaison computationnelle des formulations courantes dans la littérature. Nos résultats montrent qu'une formulation récente qui

réduit de 66% le nombre de contraintes binaires est en réalité beaucoup moins efficace en pratique que d'autres formulations qui gardent toutes les contraintes binaires. Ceci s'explique par le fait qu'un plus grand nombre de contraintes binaires offre à l'algorithme plus de choix pour les variables de branchement, ce qui lui permet de réaliser de meilleures décisions. Par ailleurs, la sélection des contraintes d'inégalité qui peuvent être ajoutées pour améliorer la qualité de la formulation est aussi beaucoup plus grande.

Le choix des contraintes d'inégalité à inclure dans la formulation est

Les meilleures contraintes qui existent sont celles qui représentent des facettes de l'enveloppe convexe de toutes les combinaisons possibles de valeurs pour les variables binaires.

en fait un ingrédient essentiel à la réussite de n'importe quel algorithme pour résoudre des problèmes comme le UC. Les meilleures contraintes qui existent sont celles qui représentent des facettes de l'enveloppe convexe de toutes les combinaisons possibles de valeurs pour les variables binaires. En général, plus notre description de cette enveloppe est bonne, plus il est facile de résoudre le problème. Dans la deuxième partie de cet article, nous avons étudié l'enveloppe convexe du UC et découvert plusieurs classes d'inégalités qui renforcent considérablement la formulation de base. Plusieurs de ces nouvelles inégalités sont strictement meilleures que les inégalités correspondantes dans la formulation de base, et certaines d'entre elles contiennent de l'information sur les facettes. Enfin, nos résultats démontrent que la formulation qui en résulte peut considérablement diminuer le temps

de solution pour des instances de UC de grande taille.

Il reste beaucoup de travail à faire sur le UC et les problèmes liés à la gestion de l'électricité. De nouvelles techniques d'optimisation sont essentielles pour répondre aux besoins créés par les grands changements dans le secteur de l'électricité, tels que l'expansion des sources d'énergie renouvelable et l'avènement des « smart grids ». Ces modifications rendront le UC encore plus difficile! Heureusement, une technique d'optimisation appelée programmation semi-définie positive est très prometteuse. C'est une généralisation de la programmation linéaire

qui est beaucoup plus efficace pour de nombreux problèmes avec des variables binaires.

Les chercheurs du

GERAD travaillent sur les techniques de modélisation et les algorithmes pour la programmation semi-définie positive qui devraient avoir un impact significatif sur notre capacité à résoudre des problèmes difficiles tels que le UC et ainsi faire une contribution importante à notre environnement et notre société. ■

À PARAÎTRE DANS *IEEE TRANSACTIONS ON POWER SYSTEMS*

TITRE ORIGINAL
*TIGHT MIXED INTEGER LINEAR PROGRAMMING FORMULATIONS
FOR THE UNIT COMMITMENT PROBLEM*

Miguel F. Anjos

*Département de mathématiques et de génie industriel
École Polytechnique de Montréal et GERAD*

James Ostrowski

*Decision and Information Sciences
Argonne National Laboratory*

Anthony Vannelli

*School of Engineering
University of Guelph*

La modélisation de vagues de température extrême : les ailes changeantes de 4 villes

Debbie J. Dupuis

Les événements météorologiques extrêmes ont un impact négatif sur notre société et l'environnement. Les vagues de chaleur, définies de façon imprécise comme des périodes de temps exceptionnellement chaud, sont particulièrement impitoyables pour les sociétés et les infrastructures incapables d'y faire face ou de s'adapter. Le stress des vagues de chaleur a été lié à un excès de mortalité et de morbidité humaine, au comportement violent, à la sécheresse, aux feux de forêt, aux tornades, à la diminution de la productivité agricole et de l'élevage, aux difficultés de construction et de transport, et à la réduction de l'offre de l'électricité.

Pour combattre les impacts négatifs des vagues de chaleur sur notre société et environnement, les organisations gouvernementales et non gouvernementales doivent assurer des conditions socio-économiques adéquates pour les plus vulnérables et consacrer les ressources nécessaires pour traiter les problèmes. Les décisions politiques aux niveaux local, national et international, autant celles à propos de la publication des avertissements de chaleur accablante que celles à propos des normes de construction, doivent être basées sur de bonnes estimations de la probabilité de vagues de chaleur d'intensité et de longueur différentes. Nous devons fournir ces estimations et une mesure de leur exactitude et incertitude, ainsi que des projections de la façon dont elles pourraient changer à l'avenir.



Pour combattre les impacts négatifs des vagues de chaleur sur notre société et environnement, les organisations gouvernementales et non gouvernementales doivent assurer des conditions socio-économiques adéquates pour les plus vulnérables et consacrer les ressources nécessaires pour traiter les problèmes.

Les premières, ainsi que l'estimation des changements de la probabilité des vagues de chaleur sur 50 ans, sont l'objet de cet article.

Il y a plusieurs différentes définitions techniques de vagues de chaleur, la plupart incluent une période de jours consécutifs, parfois appelée une *séquence*, pendant laquelle une mesure quelconque du stress lié à la chaleur, par exemple la température quotidienne maximale ou la température nocturne minimale, est au-dessus d'une valeur élevée préspecifiée. Il y a plus d'un quart de siècle qu'on s'intéresse à calculer la probabilité d'une séquence extrême. Mearns, Katz et Schneider (1984) établissent un critère pour la séquence et estiment les probabilités par les fréquences relatives de l'occurrence de l'événement

dans les données observées. Beaucoup d'auteurs ont suivi la voie originale de cet article en adoptant une définition de vague de chaleur et en *comptant* les vagues de chaleur afin de démontrer les profils dans l'espace ou dans le temps. Toutes les analyses portent sur des observations, des données de modèles globaux de climat, ou sur tous les deux. Alors que ces auteurs adoptent diverses définitions de vagues de chaleur, ils ont tous démontré une augmentation de l'occurrence des vagues de chaleur avec le temps et/ou projettent des augmentations dans le nombre de vagues de chaleur pour le siècle à venir.



La modélisation de vagues de température extrême : les ailes changeantes de 4 villes (suite)

La théorie des valeurs extrêmes fournit des modèles probabilistes approximatifs nous permettant de modéliser et faire des inférences pour les valeurs extrêmes. Même s'il y a eu beaucoup de développements importants dans la théorie des valeurs extrêmes pendant les 50 dernières années, l'analyse des événements extrêmes de la température demeure un défi. Certains auteurs ont trouvé des modèles pour les températures

annuelles maximales, mais modéliser les maxima annuels est insuffisant pour l'étude des vagues de chaleur et nous devons travailler avec des maxima quotidiens pour obtenir par la suite la probabilité

que les maxima quotidiens successifs excèdent un niveau donné. Travailler avec des maxima quotidiens augmente le niveau de la difficulté de manière significative étant donné que nous devons maintenant tenir compte non seulement des tendances temporelles, mais du caractère saisonnier de la moyenne et de la variabilité, aussi bien que de la corrélation sérielle.

Dans cet article, nous mettons en application une approche de prétraitement et présentons de nouveaux outils de modélisation pour assurer une implantation appropriée pour nos données extrêmes de la température. Le prétraitement traditionnel est employé pour expliquer des tendances et le caractère saisonnier dans la moyenne, le caractère saisonnier dans la variance et la corrélation sérielle des températures quotidiennes maximales. Une

Les résultats démontrent que même si les vagues de chaleur sont devenues sensiblement plus intenses et plus fréquentes dans les quatre villes étudiées, l'évolution sur 50 ans n'est pas la même dans les quatre cas.

modélisation supplémentaire est nécessaire pour modéliser correctement la température quotidienne maximale extrême au cours de la période de 50 ans étudiée. Cette modélisation inclut l'estimation de *saisons* au cours de l'année en utilisant l'analyse de points de rupture et, pour chaque saison, l'estimation de blocs de temps pendant lesquels la température quotidienne maximale extrême démontre un

comportement semblable. Des mesures de la validité de l'ajustement démontrent que le modèle proposé donne un excellent ajustement aux données. Ensuite, nous simulons une longue série de températures quotidiennes maximales pour évaluer le changement dans les

probabilités de vagues de chaleur au cours de la période de 50 ans étudiée. Les résultats démontrent que même si les vagues de chaleur sont devenues sensiblement plus intenses et plus fréquentes dans les quatre villes étudiées, l'évolution sur 50 ans n'est pas la même dans les quatre cas. Entre autres, nous démontrons que les changements ne sont pas uniformes tout au long de l'année. Par exemple à Tucson, les vagues de chaleur intenses de cinq jours à l'automne sont plus de cinq fois plus probables en 2005 que 50 ans auparavant, alors que la probabilité pour ces mêmes événements au printemps a moins que doublé sur la même période. À notre connaissance, aucun autre modèle publié ne permet des inférences et des comparaisons pour de tels événements extrêmes pendant toute l'année. ■

À PARAÎTRE DANS *JOURNAL OF THE AMERICAN STATISTICAL ASSOCIATION*

TITRE ORIGINAL
*MODELING WAVES OF EXTREME TEMPERATURE:
THE CHANGING TAILS OF FOUR CITIES*

Debbie J. Dupuis

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



Parlons de l'offre : risques, garanties, concurrence et asymétrie d'information

Mehmet Gümüş , Saibal Ray et Haresh Gurnani

La fragmentation des chaînes d'approvisionnement a également diminué la visibilité de la chaîne dans son ensemble, ce qui accentue les effets préjudiciables des risques liés à l'approvisionnement.

La révolution de l'information a « aplati » la planète en donnant des chances égales aux compagnies du monde entier et en leur permettant de créer des chaînes d'approvisionnement encore plus efficaces. Or, comme les dites chaînes d'approvisionnement se tournent désormais vers de nouvelles zones géographiques pour trouver des façons de réduire les coûts, elles s'exposent inévitablement à des perturbations, découlant par exemple de catastrophes naturelles ou de crises financières. La fragmentation des chaînes d'approvisionnement a également diminué la visibilité de la chaîne dans son ensemble, ce qui accentue les effets préjudiciables des risques liés à l'approvisionnement. Dans un tel contexte, la nécessité de gérer le risque efficacement en présence d'une asymétrie d'information est devenue un sujet de préoccupation chez les cadres de direction. Parmi les stratégies retenues pour traiter la question, les « garanties de prix et de quantité » (communément appelées « *Price and Quantity* » ou « *P&Q Guarantees* » en anglais) sont particulièrement répandues. Plus précisément, les garanties de prix et de quantité correspondent à une garantie contractuelle en vertu de laquelle le fournisseur s'engage à fournir à l'acheteur une certaine quantité ou capacité minimale à un prix fixé à l'avance.

Dans le présent article, nous étudions le rôle des dites garanties de prix et de quantité dans la gestion du risque d'interruption de l'approvisionnement et de

l'asymétrie d'information qui y correspond. Plus précisément, nous avons retenu les questions de recherche suivantes :

- Qu'est-ce qui incite un fournisseur non reconnu à offrir une garantie de prix et de quantité? Dans quelles conditions le fera-t-il?
- Dans quelles mesures les garanties de prix et de quantité aident-elles à gérer l'asymétrie d'information et le risque lié à l'approvisionnement? Tout particulièrement, quand et comment rendent-elles un système d'approvisionnement visible à l'acheteur?
- Enfin, ce genre de garantie est-il toujours avantageux pour l'acheteur?

Pour répondre à ces questions, nous avons élaboré un modèle de chaîne d'approvisionnement stylisé à deux niveaux. En aval, on trouve un acheteur (par exemple, un fabricant canadien) qui fait affaire avec deux fournisseurs. L'un d'entre eux coûte plus cher et présente moins de risques (disons qu'il s'agit du « fournisseur S_N » en Amérique du Nord). L'autre coûte moins cher et présente plus de risques (disons qu'il s'agit du « fournisseur S_U » en Asie). En outre, l'acheteur ne connaît pas le niveau de risque posé par S_U . En s'appuyant sur ce modèle, nous créons deux scénarios distincts, soit que S_U offre ou non des garanties de prix et de quantité.



Parlons de l'offre : risques, garanties, concurrence et asymétrie d'information (suite)

Premièrement, nous démontrons que, dans un contexte sans garantie, le fournisseur S_U peut toujours être enclin à fausser l'information quant au niveau de risque qu'il présente vraiment; il ne peut donc pas le signaler à l'acheteur de façon crédible. Cependant, une garantie de prix et de quantité pourrait permettre au fournisseur S_U de se distinguer puisqu'il a la possibilité de signaler de façon crédible le véritable niveau de risque qu'il présente pour l'acheteur.

L'acheteur peut alors décider d'attribuer le contrat à l'un de ses deux fournisseurs en visualisant parfaitement le système d'approvisionnement en

Fait intéressant, cet impact varie selon le degré d'asymétrie d'information du côté du fournisseur [...] La garantie peut alors finalement faire grimper le prix payé par l'acheteur.

cause. Les ententes en matière de prix et de quantité servent ainsi à la fois d'assurance en matière d'approvisionnement et de mécanisme de signalement. Nous avons également analysé les circonstances exactes dans lesquelles un partage d'information crédible tout au long de la chaîne d'approvisionnement représente un équilibre viable.

Ensuite, nous avons étudié comment de tels mécanismes de signalement ont un impact sur l'acheteur. Fait intéressant, cet impact varie selon le degré d'asymétrie d'information du côté du fournisseur. S'il n'est pas très élevé, le mécanisme intensifie la concurrence entre deux fournisseurs, d'où une

réduction de coûts profitant à l'acheteur. Cependant, s'il est très élevé, la garantie de prix et de quantité permettra à des fournisseurs non reconnus de faire leurs preuves, la possibilité de demander un prix supérieur à l'acheteur. La garantie peut alors finalement faire grimper le prix payé par l'acheteur.

Notre article figure parmi les premiers dans le domaine à s'attarder aux initiatives amorcées par un fournisseur pour signaler sa capacité de fonctionnement aux acheteurs en vue d'augmenter sa part de marché. Dans le présent contexte, nos résultats suggèrent que même si la garantie de fourniture peut être utile au début des relations d'approvisionnement (soit lorsqu'on n'a probablement que peu d'accès à la fiabilité d'un fournisseur), les acheteurs devraient peut-être être très prudents face à des garanties du genre, compte tenu du coût associé à une telle « rente informationnelle ». ■

À PARAÎTRE DANS *MANAGEMENT SCIENCE*

TITRE ORIGINAL
SUPPLY SIDE STORY: RISKS, GUARANTEES, COMPETITION AND INFORMATION ASYMMETRY

Mehmet Gümüş et Saibal Ray
Faculté de gestion Desautels
Université McGill et GERAD

Haresh Gurnani
Department of Management, University of Miami, États-Unis





Sécurité énergétique :

Application de la programmation robuste et du modèle TIAM-WORLD pour assurer l'approvisionnement fiable de l'Europe en énergie

Frédéric Babonneau, Amit Kanudia, Maryse Labriet, Richard Loulou et Jean-Philippe Vial

La sécurité des approvisionnements en énergie est une question d'actualité dans la plupart des pays développés, notamment l'Europe, le Japon, et les États-Unis. Dans cet article, nous formulons le problème comme un problème de fiabilité à long terme des corridors d'approvisionnement en énergie tels que les oléoducs, gazoducs, et voies maritimes. Chaque corridor est susceptible d'être partiellement ou totalement indisponible (pour quelque raison que ce soit) avec une certaine probabilité qui dépend de la fiabilité à long terme de la source d'approvisionnement et/ou du corridor lui-même. L'article suppose que cette probabilité est connue, et tend à découvrir une configuration globale des divers corridors, qui soit robuste sous les aléas considérés.

L'approche utilisée est un hybride de la programmation sous contrainte probabiliste (*chance constrained programming*) et de la programmation robuste. La méthode est appelée *ambiguous chance constrained programming*. Elle consiste à garantir une certaine probabilité afin de satisfaire les besoins énergétiques de la région concernée, et ce à un coût minimal. La garantie de fiabilité s'obtient sous des conditions techniques très générales, ce qui assure son applicabilité. Le support de la méthode est le modèle TIAM-WORLD modifié pour y ajouter une contrainte qui «robustifie» l'ensemble des contraintes d'approvisionnement de la région étudiée.

La méthode est illustrée dans le cas de l'approvisionnement de l'Europe, en considérant un ensemble de 67 corridors possibles. Les résultats démontrent que l'on peut garantir une fiabilité de 95 % à un coût global supplémentaire de moins

de 0,7 % pour le système énergétique entier, en choisissant judicieusement les capacités de 29 corridors, parmi les 67 possibles. Diverses mesures de robustesse sont évaluées, comme le coefficient de variation, la mesure de diversification de Shannon et celle de Hirschmann–Herfindahl. La configuration robuste calculée par notre approche augmente ces trois mesures de diversification de façon drastique. De plus, la solution trouvée diminue les importations d'énergie de façon importante, mais ne modifie que très légèrement le mix énergétique final de l'Europe, ce qui est souhaitable car cela n'impacte pas le mix technologique européen. ■

[La méthode] consiste à garantir une certaine probabilité afin de satisfaire les besoins énergétiques de la région concernée, et ce à un coût minimal.

À PARAÎTRE DANS *ENVIRONMENTAL MODELING & ASSESSMENT*

TITRE ORIGINAL
ENERGY SECURITY: A ROBUST OPTIMIZATION APPROACH TO DESIGN A ROBUST EUROPEAN ENERGY SUPPLY VIA TIAM-WORLD

Frédéric Babonneau
Economics and Environmental Management Laboratory et ORDECSYS Scientific Consulting, Suisse

Amit Kanudia
KANORS Consultants, Inde

Maryse Labriet
ENERIS, Espagne

Richard Loulou
KANLO Consultants, France, et GERAD

Jean-Philippe Vial
ORDECSYS Scientific Consulting, Suisse, et GERAD

Résoudre les problèmes d'optimisation avec contraintes de complémentarité par une méthode de points intérieurs

$$\min \{x, y\} = 0$$

Zoumana Coulibaly et Dominique Orban

Un problème d'optimisation avec contraintes de complémentarité (aussi dites « d'équilibre ») se distingue par la présence de deux sous-ensembles de variables, appelons-les x et y , qui doivent vérifier la contrainte $\min \{x, y\} = 0$ où le minimum est pris composante par composante. Cette formulation rappelle la relation entre variables primales et duales dans les conditions d'optimalité classiques d'un problème avec contraintes de bornes.

On peut retracer l'origine de ces problèmes au concept économique de jeu de Stackelberg (1952) mais on les retrouve également dans la recherche opérationnelle des années 1970 dans le contexte des problèmes bi-niveau. Dans un cadre bi-niveau où le problème de niveau inférieur est convexe et vérifie une condition de qualification, on trouve un problème avec contraintes de complémentarité équivalent si on remplace ce dernier par ses conditions d'optimalité. Aujourd'hui, on les rencontre dans des domaines aussi variés que l'économie (problèmes d'équilibre de Nash en théorie des jeux), la recherche opérationnelle (problèmes d'équilibre du trafic, de tarification dans les réseaux de transport), l'ingénierie (problèmes de contact, de conception de structures optimales ou de semi-conducteurs), et bien entendu, l'optimisation multi-niveau. Plusieurs de ces problèmes sont des points focaux du GERAD. Les problèmes avec contraintes de complémentarité transcendent à présent toutes ces classes d'applications.

Les résoudre efficacement n'est pas sans un certain nombre de défis mathématiques à relever dus à leur géométrie particulière. On peut visualiser l'ensemble $\min \{x, y\} = 0$ comme deux demi-axes

orthogonaux. C'est un ensemble d'intérieur strict vide et ce type de géométrie est capable de mettre en défaut les conditions d'optimalité classiques. Cette expression est aussi non lisse. Ces deux observations semblent interdire l'utilisation de méthodes efficaces d'optimisation continue telles que les méthodes de points intérieurs — ces dernières représentent en effet l'état de l'art à ce jour. De plus, on sait maintenant que ces problèmes possèdent leurs propres jeux de conditions d'optimalité et qu'elles diffèrent des conditions classiques.

Les problèmes avec contraintes de complémentarité transcendent à présent toutes ces classes d'applications.

Le premier besoin est de reformuler la contrainte non lisse. Par exemple, $x \geq 0, y \geq 0, x \cdot y = 0$ en est une formulation lisse équivalente, où $x \cdot y$ indique le produit scalaire usuel. Une seconde consiste à imposer $x \geq 0, y \geq 0$ et $x \cdot y \leq 0$. On en trouve d'autres dans la littérature, notamment basées sur la fonction de Fischer-Burmeister. Une fois les contraintes reformulées, les premières approches numériques consistaient à « élargir » l'ensemble réalisable de façon empirique, par exemple en remplaçant $x \cdot y \leq 0$ par $x \cdot y \leq \varepsilon$ pour un certain paramètre $\varepsilon > 0$ et à résoudre ce problème perturbé par une méthode classique. Cette approche n'est que partiellement satisfaisante, car la solution identifiée dépend de l'élargissement ε . On retrouve une solution du problème d'origine en choisissant une suite $\{\varepsilon_k\}$ d'élargissements qui converge vers zéro. Cependant, le choix de ce ε_k détermine les propriétés de convergence de l'algorithme. À nos yeux, le désavantage majeur de cette approche est qu'elle demande à l'utilisateur de savoir à l'avance où se cachent les contraintes de complémentarité dans un modèle — en effet, la

Résoudre les problèmes d'optimisation avec contraintes de complémentarité par une méthode de points intérieurs (suite)

relaxation ne doit être appliquée qu'à celles-ci. Cela signifie que la méthode possède un « mode complémentaire », activé lorsque de telles contraintes sont présentes. Plusieurs autres approches de la littérature sont spécifiques de façon similaire.

Dans cet article, nous cherchions une méthode générique qui ne demande pas à l'utilisateur de gérer l'élargissement manuellement. Dans notre approche, le rôle de ce dernier est joué par de nouvelles variables du problème. Ceci est possible en considérant la pénalisation ℓ_1 classique du problème — un outil datant des années 1960!

Par cette méthodologie, on résout le problème d'origine en résolvant une suite de problèmes sans contraintes. La difficulté ainsi introduite est que l'objectif pénalisé n'est plus lisse! Heureusement, une nouvelle écriture des termes de pénalité en norme ℓ_1 via de nouvelles variables dites *élastiques* permet de retrouver un objectif lisse. Le prix à payer cette fois est que des contraintes apparaissent à nouveau dans les sous-problèmes. Toutefois, ces dernières sont toutes des inégalités lisses qui ont un effet d'élargissement sur l'ensemble réalisable. On peut à nouveau envisager d'utiliser une méthode de points intérieurs. Une gestion subtile des différents paramètres entrant en jeu permet de résoudre efficacement le problème original en résolvant les sous-problèmes de façon inexacte, et donc peu coûteuse. Cette approche fût initialement suggérée par Gould, Orban, and Toint (2010) dans le cadre des problèmes continus généraux. Sa force ne réside pas uniquement dans sa performance numérique, mais dans sa généralité. L'approche élastique est en effet applicable au-delà des problèmes avec contraintes de complémentarité par définition — toutes les contraintes sont relâchées, indépendamment du fait qu'elles décrivent des conditions de complémentarité. Cela a plusieurs conséquences. Tout d'abord, il n'y a pas de « mode complémentaire » dans cette approche. De plus, elle permet de résoudre tout problème dont l'ensemble réalisable est d'intérieur strict vide, localement ou globalement — ceux-ci sont dits *dégénérés*. On les rencontre notamment

Par cette méthodologie, on résout le problème d'origine en résolvant une suite de problèmes sans contraintes.

dans la conception optimale de structure, mais aussi dans d'autres contextes où des problèmes sont construits automatiquement à partir de données fonctionnelles, telles que des équations différentielles. Ensuite, nous avons déjà dit que ce sont des conditions d'optimalité très particulières qui sont pertinentes dans les problèmes avec contraintes de complémentarité. Il en va de même d'autres classes de problèmes dégénérés. La magie de la pénalisation ℓ_1 fait qu'en satisfaisant de façon approchée les conditions

d'optimalité classiques des sous-problèmes, on satisfait asymptotiquement les conditions d'optimalité particulières du problème original! Cette affirmation contre-intuitive l'est d'autant plus qu'elle reste vraie pour diverses classes de problèmes dégénérés, chacun possédant leurs propres conditions d'optimalité particulières. En quelque sorte, l'algorithme « sait » quelles conditions d'optimalité il doit tenter de satisfaire, sans rien savoir à l'avance sur la structure du problème. ■

Z. Coulibaly and D. Orban. *An ℓ_1 elastic interior-point method for mathematical programs with complementarity constraints*. Les Cahiers du GERAD G-2009-74, GERAD, Montréal, Canada, 2009. À paraître dans *SIAM Journal on Optimization*.

N. I. M. Gould, D. Orban, and Ph. L. Toint. *An Interior-Point ℓ_1 -Penalty Method for Nonlinear Optimization*. Les Cahiers du GERAD G-2010-38, GERAD, Montréal, Canada, 2010. From the original 2003 Rutherford Appleton Laboratory report.

H. Van Stackelberg. *The Theory of Market Economy*. Oxford University Press, Oxford, 1952.

À PARAÎTRE DANS *SIAM JOURNAL ON OPTIMIZATION*

TITRE ORIGINAL
AN ℓ_1 ELASTIC INTERIOR-POINT METHOD FOR MATHEMATICAL PROGRAMS
WITH COMPLEMENTARITY CONSTRAINTS

Zoumana Coulibaly
Dominique Orban
Département de mathématiques et de génie industriel
École Polytechnique de Montréal et GERAD



Conflit versus coopération dans un système de production en deux phases : analyse de complexité

U. V. Manoj, Chelliah Sriskandarajah et Edouard Wagneur

Cet article étudie le problème de la résolution du dilemme entre coopération et conflit dans un système de production en deux phases (ou étapes) lorsque les objectifs des deux phases ne sont pas identiques. Au cours de la première phase, il s'agit de minimiser les encours, évalués par la somme des dates de complétion des travaux, alors que, lors de la seconde phase, il convient de minimiser les coûts occasionnés par les livraisons tardives, évalués par le nombre de travaux en retard.

On trouve de telles situations par exemple dans l'industrie automobile.

Les deux phases sont reliées par un stock tampon. Il est toujours possible de réordonnancer les travaux dans cette aire tampon, afin d'améliorer la performance du système. Toutefois, cette opération a un certain coût. La performance du système est évaluée par une combinaison convexe des coûts à chacune des phases et du coût du réordonnancement dans l'aire de stockage intermédiaire. L'optimisation indépendante à chaque étape détermine un ordonnancement optimal pour cette phase. Cette étude montre que, lorsque, à chacune des phases, l'optimisation est effectuée sous la contrainte imposée par l'autre, le résultat obtenu est sous-optimal. D'où la nécessité d'une coopération entre les deux phases. L'étude démontre alors que, bien que pour chacune des étapes le problème d'optimisation soit polynomial, le problème requérant la coordination des deux

Au cours de la première phase, il s'agit de minimiser les encours, évalués par la somme des dates de complétion des travaux, alors que, lors de la seconde phase, il convient de minimiser les coûts occasionnés par les livraisons tardives, évalués par le nombre de travaux en retard.

phases est NP-difficile au sens fort. Enfin, dans cet article, nous élaborons un algorithme génétique, basé sur l'idée de tri non dominé, pour obtenir une solution approchée du problème de production en deux phases. L'algorithme fournit rapidement des solutions

extrêmement satisfaisantes. Le développement d'exemples indique que les réductions de coûts induits par la coordination sont généralement substantielles. Enfin, l'article parle brièvement des conséquences de ce travail sur les négociations entre les deux phases, en vue d'implémenter des ordonnancements coordonnés dans les chaînes logistiques. ■

*Cette recherche a été en partie subventionnée par le
CRSNG : RGPIN-143068-05.*

À PARAÎTRE DANS
COMPUTERS & OPERATIONS RESEARCH, 39, 2012, 1245-1256

TITRE ORIGINAL
*CONFLICT VS COOPERATION IN A TWO-STAGE PRODUCTION SYSTEM:
COMPLEXITY ANALYSIS*

U. V. Manoj
Texas A&M College of Engineering, États-Unis
Chelliah Sriskandarajah
School of Management, University of Texas at Dallas, États-Unis

Edouard Wagneur
*Département de mathématiques et de génie industriel
École Polytechnique de Montréal et GERAD*

Les Cahiers du GERAD

Méthodes d'analyse mathématique pour l'aide à la décision

- G-2011-18 On the Weber Facility Location Problem with Limited Distances and Side Constraints
Fernandes, I.F., Aloise, D., Aloise D.J., Hansen, P., Liberti, L.
- G-2011-21 A Vertex Cut Algorithm for Model Order Reduction of Electronic Circuits
Kitanov, P., Marcotte, O., Schilders, W., Shontz, S.M.
- G-2011-26 Gaussian Variable Neighborhood Search for Continuous Optimization
Carrizosa, E., Drazic, M., Drazic, Z., Mladenovic, N.
- G-2011-27 Variable Neighborhood Search for Metric Dimension and Minimal Doubly Resolving Set Problems
Mladenovic, N., Kratica, J., Kovacevic-Vujcic, V., Cangalovic, M.
- G-2011-28 A Parametric Simplex Search for Unconstrained Optimization Problem
Zhao, Q., Mladenovic, N., Urosevic, D.
- G-2011-29 Multistart Branch and Bound for Asymmetric Distance-Constrained Vehicle Routing Problem
Almoustafa, S., Hanafi, S. Mladenovic, N.
- G-2011-30 Templating and Automatic Code Generation for Performance with Python
Orban, D.
- G-2011-31 Fitting Censored Quantile Regression by Variable Neighbourhood Search
Rajab, R.S., Drazic, M., Mladenovic, N., Yu, K.
- G-2011-32 Maximizing Edge-Ratio Is NP-Complete
Noble, S.D., Hansen, P., Mladenovic, N.
- G-2011-34 Global Approaches for Facility Layout and VLSI Floorplanning juin 2011, 26 pages.
Anjos, M.F., Liers, F.
- G-2011-35 Semidefinite Resolution and Exactness of Semidefinite Relaxations for Satisfiability
Anjos, M.F., Vieira, M.V.C.
- G-2011-36 Degeneracy of Harmonic Means Clustering
Carrizosa, E., Al-Guwaizani, A., Hansen, P., Mladenovic, N.
- G-2011-37 The Mesh Adaptive Direct Search Algorithm with Treed Gaussian Process Surrogates
Gramacy, R.B., Le Digabel, S.
- G-2011-38 The Poisson Maximum Entropy Model for Homogeneous Poisson Processes
Khribi, L., Fredette, M., MacGibbon, B.
- G-2011-39 Centrality and Betweenness: Vertex and Edge Decomposition of the Wiener Index
Caporossi, G., Paiva, M., Vukicevic, D., Segatto, M.
- G-2011-40 On r-Equitable Colorings of Trees and Forests
Hertz, A., Ries, B.
- G-2011-43 A Review of Survival Trees
Bou-Hamad, I., Larocque, D., Ben-Ameur, H.
- G-2011-44 A Primal-Dual Interior-Point Algorithm for Linear Programming with Selective Addition of Inequalities
Engau, A., Anjos, M.F.
- G-2011-45 On the Maximum Orders of an Induced Forest, an Induced Tree, and a Stable Set
Marcotte, O., Hertz, A., Schindl, D.
- G-2011-48 On Figures of Merit for Randomly-Shifted Lattice Rules
L'Ecuyer, P., Munger, D.
- G-2011-49 Variable Neighborhood Search for the Travelling Deliveryman Problem
Mladenovic, N., Urosevic, D., Hanafi, S.
- G-2011-50 Trajectory-Following Methods for Large-Scale Degenerate Convex Quadratic Programming
Gould, N.I.M., Orban, D., Robinson, D.P.
- G-2011-51 Network Descriptors Based on Betweenness Centrality and Transmission and their Extremal Values
Vukicevic, D., Caporossi, G.
- G-2011-53 Using Predictive Risk for Process Control
Plante, J.-F., Bjorg Windfeldt, G.
- G-2011-54 The Normalized Revised Szeged Index
Aouchiche, M., Hansen, P.
- G-2011-56 Stabilized Dynamic Constraint Aggregation for Solving Set Partitioning Problems
Benchimol, P., Desaulniers, G., Desrosiers, J.
- G-2011-58 Robust VIF Regression
Dupuis, D.J., Victoria-Feser, M.-P.

Les Cahiers du GERAD *(suite)*

Développement d'applications dans les grands systèmes technologiques, commerciaux et économiques

- G-2011-19 Improving QoS of all-IP Generation of Pre-WiMax Networks Using Delay-Jitter Model
Dahmouni, H., El Ghazi, H., Bonacci, D., Sansò, B., Girard, A.
- G-2011-22 Trade-Off Between Robust Risk Measurement and Market Principals
Assa, H.
- G-2011-25 Game Theoretic Analysis of Negotiations Under Bankruptcy
Annabi, A., Breton, M., François, P.

Méthodes d'analyse mathématique pour l'aide à la décision et Développement d'applications dans les grands systèmes technologiques, commerciaux et économiques

- G-2011-20 Integer Linear Programming Models for a Cement Delivery Problem
Hertz, A., Uldry, M., Widmer, M.
- G-2011-23 Two-Phase Mathematical-Programming Heuristic for Flexible Assignment of Activities and Tasks to Work Shifts
Elahipanah, M., Desaulniers, G., Lacasse-Guay, E.
- G-2011-24 A Simulation-and-Regression Approach for Stochastic Dynamic Programs with Endogenous State Variables
M. Denault, M., Simonato, J-G., Stentoft, L.
- G-2011-41 Algorithm for Qualifying Eye Movements During Handwriting
Alamargot, D., Caporossi, G., Chesnet, D.
- G-2011-42 Strategic Effects of a Border Tax Adjustment
Eyland, T., Zaccour, G.
- G-2011-46 Learning Under Partial Cooperation and Uncertainty
Breton, M., Sbragia, L.
- G-2011-52 Optimization-Based Adaptive Large Neighborhood Search for the Production Routing Problem
Adulyasak, Y., Cordeau, J-F, Jans, R.
- G-2011-57 A Branch-Price-and-Cut Method for a Ship Routing and Scheduling Problem with Split Loads
Stalhane, M., Andersson, H., Christiansen, M., Cordeau, J-F, Desaulniers, G.

Bourses d'études

- FQRNT – Bourse de doctorat pour étudiants étrangers : **Nahid Masoudi**, doctorat en méthodes quantitatives de gestion, dirigé par Georges Zaccour.
- FQRNT – Bourse de postdoctorat Québec-Mexique : **María Angélica Salazar-Aguilar**, codirigée par Gilbert Laporte et André Langevin.
- CRSNG – Bourses de recherche de 1er cycle : **Erik Frenette**, stage de recherche de 16 semaines, dirigé par Olivier Bahn.
- CRSNG – Bourses de recherche de 1er cycle : **Laetitia Wong**, stage de recherche de 16 semaines, dirigée par Michèle Breton.

Prix, distinctions et rayonnement

- **Gerardo Berbeglia** a remporté le prix Mercure de la meilleure thèse de doctorat 2010. Codirigée par Jean-François Cordeau et Gilbert Laporte, la thèse de Gerardo est intitulée : *Complexity Analyses and Algorithms for Pickup and Delivery Problems*.
- Dans le cadre des Journées de la finance mathématique 2011, organisées par l'Institut de finance mathématique de Montréal (IFM2), les trois meilleurs mémoires de M.Sc. de 2010 ont été récompensés. C'est **Mourad El-Hila**, de HEC Montréal, qui s'est classé en première place. Son mémoire, intitulé *Estimation et calibrage du processus GARCH : une étude empirique*, a été encadré par Michèle Breton et Lars Stentoft (Finance).
- Dans le cadre du congrès annuel de l'Association québécoise de pédagogie collégiale (AQPC), **Alain Hertz** a été honoré le 8 juin dernier à la cérémonie de remise des Prix de la ministre pour la création de son ouvrage pédagogique *L'Agrapheur - Intrigues policières à saveur mathématique*.
- Comptant 30 années d'expérience dans le domaine de la recherche opérationnelle, **François Soumis**, professeur au Département de mathématiques et de génie industriel de l'École Polytechnique de Montréal, titulaire de la Chaire de recherche du Canada en optimisation des grands réseaux de transport et membre du GERAD, reçoit une prestigieuse bourse de 40 000 \$ de la compagnie IBM.
- **Pierre Duchesne**, professeur au Département de mathématiques et de statistique de l'Université de Montréal et membre du GERAD, a obtenu sa titularisation.
- **Dominique Orban**, professeur agrégé au Département de mathématiques et de génie industriel de l'École Polytechnique de Montréal, a reçu le Prix du meilleur article pour l'année 2010 de la revue Computational Management Science pour son article intitulé *DrAmpl: a meta solver for optimization problem analysis*.
- La Chaire de recherche du Canada en logistique et en transport, dont le titulaire est **Jean-François Cordeau**, poursuivra ses activités au cours des cinq prochaines années grâce au renouvellement de sa subvention, qui s'élève à 500 000 \$, par le Programme des chaires de recherche du Canada.

Soutenances de thèses

- **Rémi Pacqueau**, dirigé par François Soumis
Thèse de doctorat : *Optimisation stochastique d'horaires de personnel*
- **Lotfi Khribi**, codirigé par Marc Fredette et Brenda MacGibbon
Thèse de doctorat : *Application du principe de maximum d'entropie dans la prédiction des événements récurrents dans le cas des processus de Poisson*

Stagiaires

2 novembre 2011 au 2 février 2012

Romain Absil (Université de Mons, Belgique)

21 octobre au 13 décembre 2011

Alberto Costa (École Polytechnique de Palaiseau, France)

13 septembre au 31 décembre 2011

Thibault Lehouillier (Grenoble INP-Ensimag, Université de Grenoble, France)

6 septembre 2011 au 1er septembre 2012

Fabien Ngendakuriyo (Université catholique de Louvain, Belgique)

25 juillet au 2 septembre 2011

Zaki Dernaoui (École Polytechnique de Paris, France)

18 juillet au 2 septembre 2011

Benjamin Heymann (École Polytechnique ParisTech, France)

4 juillet au 1er septembre 2011

Seyed Reza Mirnezami (HEC Montréal, Canada)

20 juin au 29 août 2011

Emmanuel Bigeon (ENSEEIH, Toulouse, France)

14 juin au 14 octobre 2011

Andre Ianni (Dipartimento di Informatica e Sistemistica, Università di Roma, Italie)

16 mai au 15 août 2011

Mathieu Bayonne (ENSTA Paris-Tech, Paris, France)

9 mai au 26 août 2011

Erik Frenette (Université Concordia, Montréal, Canada)

6 mai au 26 août 2011

Zeyneb Brika (École Polytechnique de Montréal, Canada)

4 avril au 2 septembre 2011

Antoine Mesnard (ISIMA, France)

1er avril au 13 juillet 2011

Berit Lofstedt (Technical University of Denmark, Danemark)

11 février 2011 au 11 février 2012

Marcia Helena Moreira Paiva (Universidade Federal do Espirito Santo, Brésil)

11 janvier 2011 au 11 janvier 2012

Camille Fertel (UQÀM, Canada)

4 octobre 2010 au 29 août 2011

Nicolas Grebille (ENSTA Paris-Tech, Paris, France)

Visiteurs

30 octobre au 2 novembre 2011

Coralia Cartis (University of Edinburgh, Royaume-Uni)

12-16 octobre 2011

Vito Fragnelli (Università del Piemonte Orientale, Italie)

7-16 octobre 2011

Snježana Majstorović (University of Osijek, Croatie)

4 octobre au 15 décembre 2011

Jordan Ninin (Institut de recherche en informatique de Toulouse, IRIT, France)

29-30 septembre 2011

Nawel Amrouche (Long Island University, New York, États-Unis)

28 septembre au 5 octobre 2011

Damir Vukičević (University of Split, Croatie)

13-19 septembre 2011

Andrea Bettinelli (Università Degli Studi Di Milano, Italie)

18 août au 30 septembre 2011

Philipp Hungerländer (Alpen-Adria Universität Klagenfurt, Autriche)

16 août 2011 au 7 octobre 2011

Manuel Vieira (University Nova de Lisboa, Portugal)

15-29 août 2011

David Schindl (Haute école de gestion de Genève, Suisse)

10-17 juillet 2011

Julien Thénicié (ORDECSYS, Suisse)

5-12 juin 2011

Bernard Ries (LAMSADE, Université Paris Dauphine, France)

2-6 juin 2011

Peter Kort (Tilburg University, Pays-Bas)

1^{er} juin au 1^{er} août 2011

Alexander Engau (University of Colorado-Denver, États-Unis)

1-12 juin 2011

Rajasekhar Sappidi (University of Waterloo, Ontario, Canada)

18-19 mai 2011

Antonio Antunes (Universidade de Coimbra, Portugal)

9-26 mai 2011

Mabel Tidball (LAMETA, INRA, Montpellier, France)

9-12 mai 2011

Katrin Erdlenbrach (LAMETA, France)

28 avril au 6 mai 2011

Giuliana Carello (Politecnico di Milano, Italie)

27 avril au 5 mai 2011

Jørgen Glomvik Rakke (Norwegian University of Science and Technology, Norvège)

25 avril au 6 mai 2011

Bernardetta Addis (Politecnico di Milano, Italie)

25 janvier 2011 au 1^{er} janvier 2012

Nabil Channouf (Sultan Qaboos University, Sultanate of Oman)

Activités

Ateliers

25-26 novembre 2011

Troisième atelier sur les jeux dynamiques en sciences de la gestion

18-20 juillet 2011

2011 INFORMS Simulation Society Research Workshop - Simulation in Complex Service Systems

31 mai - 1 juin 2011

Atelier en finance mathématique

Le GERAD contribue au

19-23 septembre 2011

AFG'11: 15th Austrian-French-German Optimization Meeting

15-19 août 2011

Quatrième atelier de résolution de problèmes industriels de Montréal - CRM-Mprime

21-23 juillet 2011

Eighth International ISDG Workshop

Colloques de statistiques de Montréal CRM/ISM/GERAD

14 octobre 2011

Debbie J. Dupuis (HEC Montréal et GERAD)

Modeling Non-Stationary Extremes: The Case of Heat Waves

14 octobre 2011

Richard A. Davis (Columbia University, États-Unis)

Estimating Extremal Dependence in Time Series via the Extremogram

9 septembre 2011

Aurélie Labbe (McGill University, Canada)

An Integrated Hierarchical Bayesian Model for Multivariate Expression-Quantitative Trait Locus (eQTL) Genetic Mapping

9 septembre 2011

Edward Susko (Lauréat du Prix CRM-SSC 2011) (Dalhousie University, Canada)

Properties of Bayesian Posteriors and Bootstrap Support in Phylogenetic Inference

Séminaire pas ordinaire

19 mai 2011

Lê Nguyễn Hoàng (GERAD, École Polytechnique de Montréal)

Introduction to Computational Complexity Theory

Activités

Séminaires du GERAD

31 octobre 2011

Coralia Cartis (School of Mathematics, University of Edinburgh, Edimbourg, Royaume-Uni)
Optimal Newton-Type Methods for Nonconvex Smooth Optimization

12 octobre 2011

Snježana Majstorović, (Department of Mathematics, University of Osijek, Croatie)
Types of Domination on m -ary Chain Cacti

21 septembre 2011

A. Ridha Mahjoub (LAMSADE, Université Paris-Dauphine, France)
Survivable Network Design Problems and Polyhedra

24 août 2011

David Schindl (Geneva School of Business Administration, Suisse)
Tabu Search and Network Flows for Tank Refueling

17 juin 2011

Silvio De Araujo (Universidade Estadual Paulista, Brésil)
Primal and Dual Bounds for the Capacity Constrained Lot Size Problem with Setup Times

7 juin 2011

Bernard Ries (Université Paris Dauphine, France)
On Intersection Graphs of Paths in a Grid

18 mai 2011

Antonio Antunes (Universidade de Coimbra, Portugal)
Integrated Public Facility Location

Séminaires « Un chercheur du GERAD vous parle ! »

3 novembre 2011

Karim Samoura (Groupe d'études interdisciplinaires en géographie et environnement régional (GEIGER, UQAM))
Approche participative de l'aide multicritère à la décision : enseignements tirés l'application à l'évaluation comparative des options d'exploitation du potentiel hydroélectrique du bassin du Konkouré en Guinée

27 octobre 2011

Jean-Philippe Waaub (Groupe d'études interdisciplinaires en géographie et environnement régional (GEIGER, UQAM) et équipe)
L'aide multicritère à la décision en contexte multi acteurs : processus et outils pour les problèmes sociétaux complexes

15 septembre 2011

Elif Fidan Acar (Université McGill, Canada)
Inference and model selection for pair-copula constructions

8 septembre 2011

Christian Genest (Université McGill, Canada)
Faire de la régression logistique multivariée à l'aide de copules

Activités

Séminaires « Un chercheur du GERAD vous parle! » (suite)

26 mai 2011

Adrian Vetta (Université McGill, Canada)

Thinking Ahead: An Approach to Game Playing

21 avril 2011

Abdessamad Dine (HEC Montréal, Canada)

Multivariate Trees and Forests for Mixed Outcomes

14 avril 2011

François Bellavance (HEC Montréal, Canada)

Estimation du risque d'avoir une collision lorsque le conducteur utilise un téléphone cellulaire en conduisant

Séminaire du GERAD co-financé par la Fondation HEC Montréal et la Chaire d'exploitation des données

29 septembre 2011

Damir Vukicević (Department of Mathematics, University of Split, Croatie)

Complex Networks and Community Detection

Fondation
HEC MONTRÉAL

HEC MONTRÉAL
CHAIRE D'EXPLOITATION
DES DONNÉES

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

13 octobre 2011

Vito Fragnelli (Università del Piemonte Orientale, Italie)

Operations Research Games

6 octobre 2011

Bruno Nkuiya (Université Laval, Canada)

International Emission Strategies Under the Threat of a Sudden Jump in the Damages

31 mai 2011

Arnaud Z. Dragicevic (CIRANO, Canada)

Dynamics of Provision of Threshold Public Goods

16 mai 2011

Alain Jean-Marie (INRIA, Montpellier, France)

Optimality of Impulse Harvesting Policies

Fondation
HEC MONTRÉAL

HEC MONTRÉAL
CHAIRE DE THÉORIE DES JEUX
ET GESTION



Séminaires GERAD/Mprime

3 novembre 2011

Joaquim R.M.M. Martins (University of Michigan, États-Unis)

Multidisciplinary Design Optimization: An Introduction for Applied Mathematicians

27 octobre 2011

Elizabeth M. Jewkes (University of Waterloo, Canada)

Optimal Ambulance Location with Tiered Response Time Standards: a Case Study for the Region of Waterloo

20 octobre 2011

Willem-Jan Van Hoes (Carnegie Mellon University, Tepper School of Business, États-Unis)

Decision Diagrams for Discrete Optimization

6 octobre 2011

John E. Mitchell (Rensselaer Polytechnic Institute, États-Unis)

Finding Global Optima of Convex Quadratic Programs with Complementarity Constraints

22 septembre 2011

Jeffrey T. Linderoth (University of Wisconsin-Madison, États-Unis)

Multi-Term Relaxations for Multi-Linear Programs

15 septembre 2011

Franz Rendl (Alpen-Adria Universität Klagenfurt, Autriche)

Matrix Relaxations for Graph Optimization Problems

8 septembre 2011

Philipp Hungerländer (Alpen-Adria Universität Klagenfurt, Autriche)

Semidefinite Approaches to Ordering Problems