





## Sommaire

### Éditorial

**Sara Séguin** .....03

### Pleins feux sur ...

Deux décennies d'applications de l'optimisation de boîte noire  
**Charles Audet, Sébastien Le Digabel** .....04

### Actions et interactions

Un pont entre l'ingénierie et la pratique de la médecine familiale : application de l'IA et de la RO  
**Samira A. Rahimi** .....12

### Articles d'impact

Planification du futur secteur de l'électricité du nord-est de l'Amérique du Nord  
**Jesús A. Rodríguez-Sarasty** .....14

### Stagiaires postdoctoraux

**Amay Cheam, Pedro Luis Miranda Lugo, Claudie Ratté-Fortin, Yassine Yaakoubi** .....18

Que sont-ils devenus ? .....20

### Qui sont-ils ?

**Janosch Ortmann** .....21

GERAD en bref .....18

## Summary

### Editorial

**Sara Séguin** ..... 03

### Spotlights on ...

Two decades of blackbox optimization applications  
**Charles Audet, Sébastien Le Digabel** .....08

### Actions and interactions

Bridging engineering and family medicine practice: Application of AI and OR  
**Samira A. Rahimi** .....13

### Impact papers

Planning the future North American northeast electricity sector  
**Jesús A. Rodríguez-Sarasty** .....16

### Postdoctoral fellows

**Amay Cheam, Pedro Luis Miranda Lugo, Claudie Ratté-Fortin, Yassine Yaakoubi** .....18

Where are they now? .....20

### Who are they?

**Janosch Ortmann** .....21

GERAD news brief .....18



## Éditorial

Déjà le printemps et déjà une deuxième édition du Bulletin du printemps en pandémie. Honnêtement, lorsque j'écrivais mon éditorial l'année dernière je ne me serais pas imaginée que je répéterais l'expérience. Cette dernière année nous a cependant démontré que le GERAD poursuit son travail de qualité.

Je tiens d'abord à féliciter les dix-sept professeurs du GERAD qui font partie du 2% des plus cités dans leur domaine respectif. Ces derniers font partie des 160 000 auteurs les plus influents sur un classement constitué de 8 millions d'auteurs. La liste des professeurs est disponible ici : <https://www.gerad.ca/fr/posts/890>. Bravo à toutes et à tous!

Au-delà de la publication scientifique, certains de nos membres, dont Alain Hertz, écrivent des livres. La Fraternité du Verseau, une toute nouvelle enquête de l'Agrapheur, vient d'être publié. Si ses romans sont aussi bons que ses articles, je vous suggère fortement de vous le procurer. Bravo Alain!

Cette édition du Bulletin vous présente d'abord les travaux de recherche en optimisation de boîtes noires, qui se déroulent depuis 20 ans au GERAD. Charles Audet et Sébastien Le Digabel ont préparé un texte pour la section « Plein Feux sur... » que je vous invite à consulter pour plus de détails.

La rubrique « Article d'impact » aborde le secteur de l'énergie et vous présente un article sur la décarbonisation en Amérique du Nord, plus spécifiquement l'intégration du marché de l'énergie et de l'hydroélectricité. Jesús Andres Rodríguez-Sarasty signe cette rubrique, en plus d'être co-auteur de l'article avec Sébastien Debia et Pierre-Olivier Pineau.

Une nouvelle membre du GERAD, Samira A. Rahimi, nous détaille un séminaire qu'elle a présenté au GERAD. Plus spécifiquement, elle aborde la médecine et l'ingénierie et explique quelques applications de l'intelligence artificielle et de la recherche opérationnelle dans son domaine. Son résumé est disponible dans la rubrique « Actions et interactions ».

Finalement, bien que le GERAD poursuive sa quête d'excellence, il est évident que le télétravail et l'isolement ne sont pas toujours faciles. Vous n'êtes pas seul, alors surtout, n'hésitez pas à discuter avec un collègue, un ami, ou un membre du GERAD, tous ensemble nous sommes plus forts.

Merci à Karine Hébert pour son aide essentielle et précieuse dans la création de ce Bulletin.

Bonne lecture ! ■

## Editorial

Already spring and already a second edition of the spring edition of the GERAD Newsletter. Honestly, when I was writing my editorial last year I could not have imagined repeating the experience. This last year showed us that the GERAD pursues its usual quality work.

I first want to congratulate the seventeen professors of GERAD whom are among the 2% most cited in their respective fields. These professors ranked in the 160 000 most influential authors in an 8 million authors list. The list of professors is available here: <https://www.gerad.ca/en/posts/890>. Congratulations to all!

Beyond scientific publications, some of our members, namely Alain Hertz, write books. La Fraternité du Verseau, a new investigation of l'Agrapheur, was recently published. If his books are as good as his papers, I highly suggest you get your hands on his book. Congratulations Alain!

This spring edition of the Newsletter first presents two decades of blackbox optimization that have been going on at GERAD. Charles Audet and Sébastien Le Digabel prepared a text for the "Spotlights on..." section and I invite you to read more on this topic in this section.

An "Impact article" discusses topics in the energy sector, more specifically on decarbonisation in North America and the integration of the energy market and hydropower. Jesús Andres Rodríguez-Sarasty signs this article, and is co-author of the original publication with Sébastien Debia and Pierre-Olivier Pineau.

A new member of GERAD, Samira A. Rahimi, details a seminar that she presented at GERAD. She discusses medicine and engineering and explains a few applications of artificial intelligence and operations research in her field. Her summary is available under the "Actions and Interactions" section.

Finally, although GERAD is pursuing its quest for excellence, working from home and isolation is not always easy. You are not alone and you definitely should not hesitate discussing with a colleague, a friend, or a member of GERAD, because together we are stronger.

Thank you to Karine Hébert for her necessary and precious help in the publication of this Newsletter.

Enjoy your reading! ■

Sara Séguin

# Deux décennies d'applications de l'optimisation de boîtes noires

Ce texte est une version abrégée d'un article [1] en cours de révision. Celui-ci offre un survol des applications de l'optimisation de boîtes noires durant les vingt dernières années. L'accent est mis sur l'algorithme d'optimisation sans dérivées Mesh Adaptive Direct Search (MADS) [2] et son logiciel d'accompagnement, NOMAD [4], qui est devenu au fil des ans un solveur de référence pour l'optimisation de boîtes noires. MADS et NOMAD sont tous deux développés au GERAD.

## Introduction

L'optimisation de boîtes noires est l'étude, la conception, et l'analyse d'algorithmes pour des problèmes d'optimisation où la structure de la fonction objectif et/ou des contraintes est inconnue, inexploitable ou inexistante. L'optimisation sans dérivées est étroitement liée à l'optimisation de boîtes noires, et elle s'applique lorsque les dérivées ne sont pas explicitement disponibles, mais qu'elles sont supposées exister [3].

L'algorithme MADS est une méthode d'optimisation sans dérivées qui est bien adaptée à l'optimisation de boîtes noires. En effet, la résolution de problèmes d'optimisation réels est la principale motivation pour le développement de MADS et NOMAD. Les raisons pour lesquelles nous nous intéressons à cet algorithme spécifique sont sa simplicité, sa capacité à traiter des variables continues, entières et de catégorie, ainsi que des contraintes d'inégalité, son exploitation des fonctions substitut statiques et dynamiques, son analyse rigoureuse et hiérarchique de convergence basée sur le calcul non lisse, et sa capacité à traiter un large éventail de problèmes d'optimisation. L'algorithme MADS et ses diverses extensions sont codés en C++ sous licence LGPL et sont offerts gratuitement sous la forme du logiciel NOMAD (<https://www.gerad.ca/nomad/>).

Au fil des ans, l'algorithme et sa mise en œuvre ont été utilisés dans une grande variété de domaines, comme le montrent le tableau 1 et la figure 1. Il existe par ailleurs de nombreux brevets liés à MADS ou à NOMAD, énumérés dans le tableau 2. L'article présente une sélection d'applications qui ont été traitées à l'aide de l'algorithme MADS ou du logiciel NOMAD au cours des vingt dernières années. Trois domaines précis sont examinés : l'énergie, la science des matériaux et la conception d'ingénierie numérique.

## Applications dans le domaine de l'énergie à Hydro-Québec

Hydro-Québec (HQ) utilise NOMAD depuis longtemps et est un partenaire fiable depuis plusieurs années. L'un des premiers projets réalisés à l'aide de NOMAD portait sur le positionnement optimal de dispositifs qui mesurent l'atténuation des rayons gamma qui émanent naturellement du sol, afin de déduire l'équivalence en eau de la neige dans des régions éloignées. Sa capacité de manipuler des variables de catégorie a été exploitée pour régler les paramètres de simula-

tions numériques de dynamique des fluides, d'un simulateur électrique pour une amélioration de 33 % de la qualité des calibrations, et de dispositifs de contrôle physique tels que les stabilisateurs de systèmes électriques. HQ a mis en œuvre un projet important pour son système de transmission afin d'optimiser ses stratégies de maintenance et de gestion des actifs. Cette optimisation s'appuie sur un simulateur de fiabilité du réseau électrique, associé à un logiciel de flux de puissance. HQ possède 21 réseaux électriques isolés, situés pour la plupart dans le nord du Québec. NOMAD a été utilisé pour minimiser la consommation de diesel dans ces réseaux. En recourant au même simulateur, NOMAD a aussi été employé pour étudier l'intégration de sources d'énergie renouvelable (éolienne, solaire, stockage) en vue de réduire la consommation de diesel et les émissions de gaz à effet de serre dans les réseaux électriques isolés. Des simulations ont été menées durant une période de 20 ans afin de saisir la dégradation des batteries, ne permettant qu'un remplacement des cellules après 10 ans. Enfin, un autre groupe de projets est centré sur le réglage des modèles de prévision hydrologiques, ce qui a conduit au développement d'une quatrième version de NOMAD, tout juste rendue publique.

## Applications en science des matériaux

L'algorithme MADS et le logiciel NOMAD ont été employés avec succès dans divers problèmes d'optimisation de performance des matériaux, de conception de nouveaux matériaux ainsi que d'optimisation de procédés industriels. Dans la conception d'alliages, l'objectif est de déterminer un ensemble de compositions, de températures et de pressions qui maximise, minimise ou qui cible des fonctions bien spécifiques qui dépendent des fractions volumiques des phases, des propriétés thermodynamiques, structurelles, dynamiques, de transport thermique et de surface. L'optimisation des procédés industriels implique la détermination de matériaux optimaux ou des conditions optimales du procédé telles que les températures, les pressions ou les fractions pondérales entre les différents constituants chimiques, etc. NOMAD a été associé au logiciel FactSage, développé au centre de recherche CRCT de Polytechnique Montréal. FactSage consiste en une suite de programmes et de bases de données permettant d'effectuer des calculs d'équilibre par minimisation de l'énergie de Gibbs pour la prédiction de quantités comme les fractions volumiques des phases, les gammes de solidification, la ségrégation des éléments d'alliage, la formation des phases, les volumes associés, les changements d'enthalpie et les quantités de divers précipités suivant un recuit. Une connaissance précise de ces propriétés est d'une grande importance dans la compréhension et la description des propriétés mécaniques, électriques et de résistance à la corrosion. La combinaison de FactSage et de NOMAD a mené à la conception de plusieurs matériaux innovants et à l'optimisation de procédés industriels importants pour la production de métaux primaires tels que le fer,



l'aluminium et le cuivre. Cette combinaison permet aussi de concevoir des alliages multi-constitués et multi-phasés, en recherchant des compositions spécifiques ayant les propriétés et les assemblages de phases idoines. Pour un système multi-constitué, l'évaluation d'une propriété par FactSage peut prendre un certain temps, typiquement de quelques secondes à quelques minutes. Pour un système de plus de

quatre constituants, il est presque impossible de déterminer une composition optimale d'alliage, soumis à un ensemble de contraintes, via une méthode de calcul systématique (grille) alors que NOMAD permet d'explorer des alliages de plus de 10 constituants.

Tableau 1: Champs d'application du logiciel NOMAD. Tableau généré à partir de Web of Science (WoS) et des citations de [4] (328 références au 27 octobre 2020). Pour chaque citation, la revue citée a été examinée par l'outil «Journal Citation Reports» de WoS, et les catégories d'applications correspondantes ont été comptées. Par exemple, la mention «Engineering, biomedical : 2» indique que WoS recense deux articles publiés dans des revues d'ingénierie biomédicale citant l'article sur NOMAD [4]. Les catégories de WoS sont regroupées dans des champs où figure le nombre total de références correspondantes.

Champ	#	Categorie de WoS	#	Champ	#	Categorie de WoS	#
Computer science	75	Computer science, interdisciplinary applications	33	Geosciences, environment	34	Geosciences, interdisciplinary water resources	12
		Computer science, information systems	14			Engineering, environmental	4
		Computer science, artificial intelligence	9			Environmental sciences	3
		Computer science, software engineering	6			Geochemistry & geophysics	3
		Computer science, software, graphics, programming	6			Green & sustainable science & technology	3
		Computer science, hardware & architecture	4			Limnology	2
		Computer science, theory & methods	3			Meteorology & atmospheric sciences	2
Chemistry	68	Engineering, chemical	30			Geography	1
		Energy & fuels	19			Geography, physical	1
		Chemistry, physical	5	Multidisciplinary	34	Engineering, multidisciplinary	24
		Engineering, petroleum	5			Engineering	6
		Chemistry, analytical	2			Multidisciplinary sciences	4
		Chemistry, multidisciplinary	2	Mathematics (applications)	24	Mathematics, interdisciplinary applications	16
		Chemistry	1			Statistics & probability	8
		Chemistry, applied	1	Biosciences	23	Biochemical research methods	4
		Chemistry, inorganic & nuclear	1			Neurosciences	3
		Chemistry, medicinal	1			Biophysics	3
Chemistry, organic	1	Biotechnology & applied microbiology	3				
Physics	61	Thermodynamics	9			Engineering, biomedical	2
		Physics, applied	6			Pharmacology & pharmacy	2
		Astronomy & astrophysics	6			Mathematical & computational biology	2
		Nanoscience & nanotechnology	6			Radiology, nuclear medicine & medical imaging	1
		Physics, nuclear	4			Medical informatics	1
		Physics, particles & fields	4			Biology	1
		Spectroscopy	4	Audiology & speech-language pathology	1		
		Physics, atomic, molecular & chemical	3	Civil engineering	14	Transportation science & technology	6
		Physics, condensed matter	3			Transportation	4
		Physics, fluids & plasmas	3			Engineering, civil	3
		Instruments & instrumentation	3			Construction & building technology	1
		Physics, mathematical	2	Materials science	16	Materials science	4
		Physics, multidisciplinary	2			Materials science, composites	1
		Optics	2			Materials science, multidisciplinary	8
		Quantum science & technology	1			Metallurgy & metallurgical engineering	3
Nuclear science & technology	1	Social sciences	8	Management	5		
Acoustics	1			Information science & library science	1		
Remote sensing	1			Social sciences, mathematical methods	1		
Economics	1			Economics	1		
Electrical engineering	55	Engineering, electrical & electronic	28	Industrial engineering	4	Engineering, industrial	2
		Telecommunications	16			Engineering, manufacturing	2
		Automation & control systems	7				
		Robotics & automatic control	4				
Mechanical engineering	36	Mechanics	17				
		Engineering, mechanical	9				
		Engineering, aerospace	6				
		Aerospace engineering & technology	4				





## Applications en conception d'ingénierie numérique

L'ingénierie assistée par ordinateur a révolutionné le processus de conception technique : des modèles informatiques sont désormais employés pour évaluer rapidement les différentes possibilités en matière de conception et pour permettre la réalisation d'études d'optimisation complexes. Un défi important de ce paradigme d'optimisation de conception basé sur la simulation est que les gradients des fonctions objectif et des contraintes, évalués au moyen de modèles de calcul ne sont pas garantis théoriquement ou, lorsqu'ils existent théoriquement, ils ne peuvent pas être approximés avec une précision fiable sans un effort de calcul démesuré. Dans ces cas, les algorithmes d'optimisation sans dérivées et d'optimisation de boîtes noires représentent la seule option. En raison de leur simplicité, les algorithmes d'optimisation sans dérivées les plus populaires dans la communauté de la conception technique sont basés sur des heuristiques (par exemple, les algorithmes génétiques, le recuit simulé, l'optimisation par essaims de particules, etc.). Ces algorithmes sont conçus pour toujours donner des résultats, ce qui explique en grande partie leur popularité. Cependant, l'ingénieur concepteur ne peut pas caractériser l'optimalité (ou l'absence d'optimalité) des résultats obtenus, car ces heuristiques ne sont pas soutenues par une analyse de convergence utile. La première application de conception technique rapportée dans la littérature utilisait l'ancêtre direct de MADS avec une programmation à variables mixtes. Un système d'isolation thermique a été optimisé par rapport à des variables de catégorie (nombre et type de matériau des boucliers thermiques), ce qui a permis d'améliorer les performances de 65 % par rapport à la meilleure conception existante à ce moment. MADS a aussi été utilisé comme outil principal pour l'optimisation de la conception multidisciplinaire et pour la gestion de multimodèles, ainsi que pour les problèmes d'optimisation d'assemblage et les stratégies de conception axées sur la refabrication. D'autres études ont traité le problème de l'optimisation des modèles de fixations temporaires pour l'assemblage d'aéronefs. Elles ont comparé MADS à une recherche exhaustive locale et à un recuit simulé pour plusieurs problèmes, dont l'assemblage réel de l'aile et du fuselage d'un Airbus A350-900. Les résultats indiquent que le recuit simulé n'a pas fourni des résultats reproductibles et qu'il nécessite un grand nombre d'évaluations de fonctions. NOMAD a servi à repenser une roue de turbine existante, de manière à obtenir des performances élevées dans de nouvelles conditions d'exploitation, en utilisant des analyses de dynamique des fluides numériques multifidélité et une approche multi-objectifs pour optimiser les pales d'une roue de turbine hydraulique Francis, laquelle joue un rôle important dans l'efficacité de la production d'énergie d'un barrage hydraulique. Enfin, les géométries des aubes de moteurs d'avion ont été optimisées avec NOMAD pour tenir compte des interactions de contact structurel entre les aubes et le carter.

## Applications des méthodes de recherche directe dans divers domaines

Le recours à l'optimisation numérique a récemment fait son apparition dans le domaine de l'oncologie mathématique,

en particulier dans la nanothérapie du cancer, où les médicaments sont transportés en toute sécurité vers les tumeurs par des nanoparticules. La conception de ces nanoparticules influence fortement l'efficacité du traitement, ce qui crée le besoin de rechercher dans de grands espaces de conception les variables structurelles optimales des nanoparticules. NOMAD a aussi été utilisé dans une étude récente publiée dans *Nature* sur la pandémie de COVID-19. Parmi les autres applications récentes, on retrouve l'optimisation des hyperparamètres des réseaux de neurones profonds, la conception de routes, les applications de géométrie cardiovasculaire, et de nombreuses utilisations en astrophysique, comme la recherche d'ondes gravitationnelles périodiques, l'observation des trous noirs, l'analyse cinématique des galaxies et l'analyse des trajectoires d'objets interstellaires tels que 1I/ 'Oumuamua.

## Conclusion

Durant les deux dernières décennies, les méthodes de recherche directe telles que MADS ont beaucoup évolué grâce à la recherche algorithmique motivée par une grande variété d'applications. Depuis son introduction en 2006, MADS peut maintenant traiter des variables continues et discrètes, y compris des variables de catégorie, des contraintes de type boîte noire, des objectifs multiples, le parallélisme, des problèmes de plus en plus grands et, plus récemment, des boîtes noires stochastiques. Ces améliorations, ainsi que la disponibilité de ressources informatiques de plus en plus grandes et de meilleure qualité, permettent aux praticiens d'aborder des problèmes pour lesquels l'approche boîte noire est la seule possibilité applicable. Plus particulièrement, l'optimisation des hyperparamètres des réseaux de neurones profonds, pour lesquels MADS et NOMAD sont des candidats naturels, est un domaine d'application émergent.

La diversité des domaines d'application de l'optimisation de boîtes noires et de l'optimisation sans dérivées s'est considérablement accrue au cours des deux dernières décennies, et elle continuera certainement à augmenter à vive allure dans les prochaines années.

## References

- [1] **S. Alarie, C. Audet, A.E. Gheribi, M. Kokkolaras, and S. Le Digabel.** Two decades of blackbox optimization applications. Les Cahiers du GERAD, rapport technique G-2020-58, 2020.
- [2] **C. Audet and J.E. Dennis, Jr.** Mesh Adaptive Direct Search algorithms for constrained optimization. *SIAM Journal on Optimization*, 17(1):188–217, 2006.
- [3] **C. Audet and W. Hare.** *Derivative-Free and blackbox optimization*. Springer Series in Operations Research and Financial Engineering. Springer, Cham, Switzerland, 2017.
- [4] **S. Le Digabel.** Algorithm 909: NOMAD: Nonlinear optimization with the MADS algorithm. *ACM Transactions on Mathematical Software*, 37(4):44:1–44:15, 2011. ■

## Two decades of blackbox optimization applications

*This text is an abridged version of the survey [1] currently in revision. It reviews blackbox optimization applications over the last twenty years. Emphasis is placed on the Mesh Adaptive Direct Search (MADS) derivative-free optimization algorithm [2], and its accompanying software, NOMAD [4], that became over the years a baseline solver in blackbox optimization. MADS and NOMAD are both developed at GERAD.*

### Introduction

Blackbox optimization (BBO) is the study of the design and analysis of algorithms for optimization problems in which the structure of the objective function and/or the constraints is unknown, unexploitable or inexistent. Derivative-free optimization (DFO) is closely related to BBO and applies when derivatives are not explicitly available but are assumed to exist [3].

The MADS algorithm is a DFO method that is well adapted for BBO. In fact, solving real optimization problems is the main motivation for the development of MADS and NOMAD. The reasons why we are interested in this specific algorithm are for its simplicity, its ability to handle continuous, integer and categorical variables as well as inequality constraints, its exploitation of static and dynamic surrogate models, its rigorous hierarchical convergence analysis based on nonsmooth calculus, and its ability to deal with a wide range of optimization problems. The MADS algorithm and its various extensions are coded in C++ under the LGPL license and are freely available as the NOMAD software (<https://www.gerad.ca/nomad/>).

Over the years, the algorithm and its implementation have been employed in a broad variety of fields, as illustrated in Table 1 and Figure 1. Also, there exists many patents related to MADS or NOMAD, listed in Table 2. The survey contains a selection of applications that have been addressed using the MADS algorithm or the NOMAD software over the last twenty years. Three specific fields are covered: energy, materials science, and computational engineering design.

### Applications in energy at Hydro-Québec

Hydro-Québec (HQ) has a long history of use of NOMAD and has been a reliable partner for several years. One of the first project using NOMAD involved optimal positioning of devices which measure the attenuation of gamma rays emanating from the ground to infer snow water equivalent in remote locations. Its ability to manipulate categorical variables was used to tune the parameters of computational fluid dynamics simulations, of an electrical simulator for an improvement of 33% on the quality of calibrations, and of physical control devices such as power system stabilizers. HQ has set up an important project for its transmission system in order to optimize its maintenance and asset management strategies. These optimizations rely on a power grid reliability simulator coupled with a power flow software. HQ owns 21 isolated power grids,

mostly located in northern Québec. NOMAD was used to minimize diesel consumption in those grids. Using the same simulator, NOMAD was also used to study the integration of renewable energies (wind, solar, storage) to reduce diesel consumption and greenhouse gases in its isolated power grids. Simulations were conducted over a period of 20 years to capture the degradation of batteries, allowing only one replacement of cells after 10 years. Finally, many projects revolve around the tuning of hydrological forecast models, which led to the development of a fourth version of NOMAD, currently in beta version at GERAD.

### Applications in materials science

The MADS algorithm and the NOMAD software package were successfully applied in different fields of materials science to optimize material performance, optimize industrial processes and to design new materials. One goal in alloys design is to determine a set of compositions, temperature and pressure that maximizes functions which depend on phases, volume fractions and on the thermodynamic, structural, dynamics, thermal transport and surface properties. The industrial processes optimization either involves the determination of an optimal material or optimal process conditions such as temperature, pressure, weight fraction between different chemical constituents, etc. NOMAD was coupled with the FactSage software developed at the CRCT research center from Polytechnique Montréal. FactSage consists of a suite of programs and databases to perform chemical equilibrium calculations for the prediction of quantities such as phase volume fractions, freezing ranges, segregation of alloying elements, phase formation, accompanying volumes, enthalpy changes and the amounts of various precipitates during subsequent annealing. An accurate knowledge of these properties is of critical importance in the understanding and description of mechanical, electrical and corrosion resistance properties. Combining FactSage with NOMAD has led to the design of several innovative materials and the optimization of important industrial processes for the production of primary metals such as iron, aluminium and copper. This combination also allows alloys to screen potential multicomponent alloys, searching for compositions having desired properties and phase assemblages within a reasonable amount of time. In multicomponent systems, an evaluation of a given property by FactSage can be time-consuming, from a few seconds up to a few minutes, depending on the system size and the calculation type. Determining optimal alloys under a given set of constraints by calculating the properties over a grid of compositions is almost impossible for a system with more than four constituents.





Table 1: Application fields of the NOMAD software. Table generated using Web of Science (WoS) and the citations of [4] (328 references as of October 27th, 2020). For each citation, the citing journal has been examined with the "Journal Citation Reports" tool of WoS, and the corresponding application categories have been counted. For example, the entry "Engineering, biomedical: 2" indicates that WoS reports two papers published in biomedical engineering journals citing the NOMAD paper [4]. WoS categories are grouped in fields with the corresponding overall number of references.

Field	#	Category in WoS	#	Field	#	Category in WoS	#				
Computer science	75	Computer science, interdisciplinary applications	33	Geosciences, environment	34	Geosciences, interdisciplinary water resources	12				
		Computer science, information systems	14			Engineering, environmental	4				
		Computer science, artificial intelligence	9			Environmental sciences	3				
		Computer science, software engineering	6			Geochemistry & geophysics	3				
		Computer science, software, graphics, programming	6			Green & sustainable science & technology	3				
		Computer science, hardware & architecture	4			Limnology	2				
		Computer science, theory & methods	3			Meteorology & atmospheric sciences	2				
Chemistry	68	Engineering, chemical	30	Multidisciplinary	34	Engineering, multidisciplinary	24				
		Energy & fuels	19			Engineering	6				
		Chemistry, physical	5			Multidisciplinary sciences	4				
		Engineering, petroleum	5			Mathematics (applications)	24	Mathematics, interdisciplinary applications	16		
		Chemistry, analytical	2					Statistics & probability	8		
		Chemistry, multidisciplinary	2					Biosciences	23	Biochemical research methods	4
		Chemistry	1							Neurosciences	3
		Chemistry, applied	1							Biophysics	3
		Chemistry, inorganic & nuclear	1							Biotechnology & applied microbiology	3
		Chemistry, medicinal	1							Engineering, biomedical	2
Chemistry, organic	1	Pharmacology & pharmacy	2								
Physics	61	Thermodynamics	9	Mathematical & computational biology	2						
		Physics, applied	6	Radiology, nuclear medicine & medical imaging	1						
		Astronomy & astrophysics	6	Medical informatics	1						
		Nanoscience & nanotechnology	6	Biology	1						
		Physics, nuclear	4	Audiology & speech-language pathology	1						
		Physics, particles & fields	4	Civil engineering	14	Transportation science & technology	6				
		Spectroscopy	4			Transportation	4				
		Physics, atomic, molecular & chemical	3			Engineering, civil	3				
		Physics, condensed matter	3			Construction & building technology	1				
		Physics, fluids & plasmas	3	Materials science	16	Materials science	4				
		Instruments & instrumentation	3			Materials science, composites	1				
		Physics, mathematical	2			Materials science, multidisciplinary	8				
		Physics, multidisciplinary	2			Metallurgy & metallurgical engineering	3				
		Optics	2	Social sciences	8	Management	5				
		Quantum science & technology	1			Information science & library science	1				
		Nuclear science & technology	1			Social sciences, mathematical methods	1				
		Acoustics	1			Economics	1				
Remote sensing	1	Industrial engineering	4	Engineering, industrial	2						
Electrical engineering	55			Engineering, electrical & electronic	28	Engineering, manufacturing	2				
				Telecommunications	16						
				Automation & control systems	7						
		Robotics & automatic control	4								
Mechanical engineering	36	Mechanics	17								
		Engineering, mechanical	9								
		Engineering, aerospace	6								
		Aerospace engineering & technology	4								



## SPOTLIGHTS ON ...

### Applications in computational engineering design

Computer-aided engineering has revolutionized the engineering design process: computational models are now used to assess design alternatives rapidly and enable conducting elaborate optimization studies. A major challenge of this simulation-based design optimization paradigm is that the gradients of the objective and constraint functions evaluated by means of computational models either are not guaranteed to exist theoretically or, when they do exist theoretically, cannot be approximated with reliable accuracy without unreasonably large computational effort. In these cases, DFO and BBO algorithms are the only option. Because of their simplicity, the most popular DFO algorithms in the engineering design community are based on heuristics (e.g., genetic algorithms, simulated annealing, particle swarm optimization, etc.) These algorithms are designed to always yield results, which largely explains their popularity. However, the design engineer cannot characterize the optimality (or lack thereof) of the obtained results as these heuristics are not supported by a useful convergence analysis. The first engineering design application reported in the literature utilized the direct ancestor of MADS with mixed variable programming. A thermal insulation system was optimized with respect to categorical variables (number and material type of heat shields), resulting to a 65% improvement in performance relative to the best design known until then. MADS has also been used as the main tool for multidisciplinary design optimization and multimodel management and in assembly optimization problems and remanufacturing-based design strategies. Other studies considered the problem of optimizing temporary fastener patterns in aircraft assembly and compared MADS to a local exhaustive search and simulated annealing for several problems including a real Airbus A350-900 wing-to-fuselage assembly. The results indicated that simulated annealing did not provide repeatable results and required large numbers of function evaluations. NOMAD was used to redesign an existing runner achieving high performance for new operating conditions, using multi-fidelity computational fluid dynamics analyses and a multi-objective approach for optimizing the blades of a Francis hydraulic turbine runner, which plays an important role in the energy production efficiency of an hydraulic dam. Finally, aircraft engine blade geometries were optimized with NOMAD to account for structural contact interactions between the blades and the casing.

### Applications of direct search methods in various fields

The use of numerical optimization has been recently introduced to the field of mathematical oncology with a focus on cancer nanotherapy, where drugs are safely carried to tumors via nanoparticles. The design of these nanoparticles highly influences treatment efficacy, thus creating a need to search throughout large design spaces for the optimal nanoparticle structural variables. NOMAD was also used in a recent study published in Nature about the COVID-19 pandemic. Other recent applications include hyperparameter optimization of deep neural networks, road design, cardiovascular geometry applications, and many uses in astrophysics, such as the search for periodic gravitational waves, black hole observation, kinematics analysis of galaxies, and trajectory analyses of interstellar objects such as 1I/ 'Oumuamua.

### Conclusion

Over the past two decades, direct search methods such as MADS greatly evolved through algorithmic research motivated by a vast variety of applications. Since its introduction in 2006, MADS can now treat continuous and discrete variables including categorical variables, blackbox constraints, multiple objectives, parallelism, larger and larger problems, and more recently stochastic blackboxes. These improvements, along with the availability of greater and better computing resources, allow the practitioners to address problems for which the blackbox approach is the only applicable possibility. In particular, one emerging field of applications is the optimization of the hyperparameters of deep neural networks, for which MADS and NOMAD are natural candidates. The variety of application fields of BBO and DFO has considerably grown in the past two decades and will certainly continue to grow at a rapid pace in future years.

### References

- [1] **S. Alarie, C. Audet, A.E. Gheribi, M. Kokkolaras, and S. Le Digabel.** Two decades of blackbox optimization applications. Les Cahiers du GERAD, technical paper G-2020-58, 2020.
- [2] **C. Audet and J.E. Dennis, Jr.** Mesh Adaptive Direct Search algorithms for constrained optimization. SIAM Journal on Optimization, 17(1):188–217, 2006.
- [3] **C. Audet and W. Hare.** Derivative-Free and blackbox optimization. Springer Series in Operations Research and Financial Engineering. Springer, Cham, Switzerland, 2017.
- [4] **S. Le Digabel.** Algorithm 909: NOMAD: Nonlinear optimization with the MADS algorithm. ACM Transactions on Mathematical Software, 37(4):44:1–44:15, 2011. ■

---

**Charles Audet et Sébastien Le Digabel**  
GERAD & Polytechnique Montréal

# Un pont entre l'ingénierie et la pratique de la médecine familiale : application de l'IA et de la RO

Cet article est un résumé des plus récents travaux de la professeure A. Rahimi présentés le 2 juin 2020 lors du webinaire du GERAD : « Bridging engineering and family medicine practice: Application of AI and OR ».

L'intelligence artificielle (IA) et l'apprentissage automatique sont utilisés de plus en plus couramment dans les soins de santé primaires pour la prise en charge de diverses maladies [1]. On s'en sert entre autres pour mieux établir les priorités, prédire avec justesse l'évolution des maladies et améliorer les soins aux patients. L'intelligence artificielle peut avoir une incidence sur la prise en charge des maladies chroniques dans le cadre des soins de santé primaires. Cette influence peut s'exercer dans plusieurs facettes de la recherche multidisciplinaire, notamment dans le cadre des travaux (inter)nationaux présentés ci-dessous, que je dirige.

## AiCoV19 : Surveillance et prédiction par l'IA des symptômes de la COVID-19 en temps réel chez les résidents âgés

Au cours de la pandémie de COVID-19, les centres d'hébergement et de soins de longue durée (CHSLD) ont été affectés de façon disproportionnée par la COVID-19. En effet, les personnes âgées présentent le risque le plus élevé parmi diverses populations de voir survenir des complications potentiellement mortelles dues au SRAS-CoV-2. L'un des défis cruciaux pour les CHSLD était la capacité de déceler et d'isoler les cas présumés à temps pour prévenir les éclosions. Un autre défi était de surveiller l'évolution de l'état de santé des résidents sans exposer le personnel à des risques accrus. La détection et la prédiction précoces des changements asymptomatiques au sein de ce groupe auraient pu faciliter un isolement rapide et, de ce fait, permettre potentiellement de sauver des milliers de vies. Ainsi, le projet AiCoV19 que je dirige, vise à développer et à évaluer la faisabilité de la création d'un système doté d'IA pour la détection précoce de la COVID-19 dans les établissements de soins de longue durée.

## AID : Système d'intelligence artificielle pour l'évaluation et l'amélioration des soins communautaires aux personnes atteintes de démence

Alors que la répartition de la population mondiale par groupe d'âge change, les troubles comme la démence deviennent un problème de santé majeur. Selon la Société Alzheimer du Canada (2016), 9,2 % des adultes de plus de 65 ans étaient atteints de démence au Canada en 2014, ce qui représente 564 000 personnes. En 2031, ce nombre s'élèvera à 937 000. Si un diagnostic précoce peut favoriser une prise en charge immédiate et optimale de la démence, la détection des troubles cognitifs n'est pas une tâche facile. Le projet AID permet d'améliorer l'état de santé des personnes âgées en développant un système doté d'intelligence artificielle. Celui-ci peut être utilisé par les cliniciens pour dépister ou prédire la démence à un stade précoce. De plus, il les aide à fournir de meilleurs soins et de nouveaux traitements pour ralentir la progression de la maladie chez les personnes affectées.

## Xi-Care : un système intelligent eXplicable pour la prise en charge des maladies cardiovasculaires chez les femmes en soins primaires

On constate un besoin crucial d'aider les fournisseurs de soins primaires à prédire et à prévenir les maladies cardiovasculaires (MCV) chez les femmes. Selon une étude en ligne menée auprès de plus de 500 médecins de premier recours, moins d'un médecin sur cinq sait que les femmes sont plus nombreuses que les hommes à mourir de maladies cardiovasculaires chaque année [2]. Dans une étude publiée dans l'*American Journal of Cardiology*, seuls 22 % des fournisseurs de soins primaires s'estimaient bien préparés à évaluer et à gérer les MCV chez les femmes. On note un manque d'interventions de prise en charge des MCV en IA pour les populations sous-représentées comme les femmes afro-américaines, même si ces groupes sont plus sujets aux MCV et à l'obésité [3]. Il est manifestement nécessaire de doter les fournisseurs de soins primaires d'un système d'aide à la décision afin de les aider à prédire les MCV chez les femmes au point de service. Le projet vise à mettre au point et à tester un système intelligent explicable d'aide à la décision appelé Xi-Care. Celui-ci aidera les fournisseurs de soins primaires au point de service à prédire avec précision si une femme est à risque de MCV. Il permettra aussi de mettre à la disposition des femmes un système intelligent qui leur offre des conseils personnalisés pour la prévention des MCV.

L'IA pourrait avoir une incidence sur les soins de santé primaires en améliorant la santé de la population et en réduisant les coûts des soins de santé, en plus d'améliorer l'expérience des patients et des fournisseurs. Cependant, les études menées par mon équipe montrent que les systèmes d'IA existants ne sont pas largement testés ni mis en œuvre dans ce contexte. En outre, les modèles d'IA, les données et les résultats des systèmes qui ont été testés ou mis en œuvre ont été mal rapportés. D'autres études sont requises pour orienter efficacement le développement et la mise en œuvre des interventions d'IA dans les milieux de soins de santé primaires.

## References

- [1] S. Rahimi, V. Granikov, and P. Pluye. Current works and future directions on application of machine learning in primary care. Proceedings of the 11th Augmented Human International Conference, May 2020, article 26: 1–2, 2020.
- [2] A. Abufel, Y. Gidron, and Y. Henkin. Physicians' attitudes toward preventive therapy for coronary artery disease: Is there a gender bias? *Clinical Cardiology*. 28(8):389–93, 2005.
- [3] NC. Franklin and R. Arena. Personalized Weight Management Interventions for Cardiovascular Risk Reduction: A Viable Option for African-American Women. *Progress in Cardiovascular Disease*. 58(6):595–604, 2016. ■



## Bridging engineering and family medicine practice: Application of AI and OR

*This article is a summary of the most recent work of Professor A. Rahimi presented on June 2, 2020 during the GERAD webinar: "Bridging engineering and family medicine practice: Application of AI and OR".*

AI and machine learning are increasingly being implemented in primary health care for the management of a variety of illnesses, [1] for example, by improving prioritization, making accurate predictions of disease progression and enhancing patient care, among others. AI has the ability to impact the management of chronic illnesses in primary health care in so many ways across multidisciplinary research, including the following (inter)national research I am currently leading.

### **AiCoV19: AI-empowered Real-time COVID-19 Symptom Monitoring and Prediction among Senior Residents**

During the COVID-19 pandemic, long-term care (LTC) homes were disproportionately affected by COVID-19, as the risk for developing life-threatening complications due to SARS COV-2 was highest for elderly people, among various populations. One of the crucial challenges for LTC facilities was the ability to identify, isolate presumptive cases in a timely manner to prevent outbreaks, and monitor health status changes of residents without exposing staff to increased risk. Early detection and prediction of asymptomatic changes in this group could have facilitated rapid isolation and would consequently have had the potential to save thousands of lives. My AiCoV19 project thus aims at developing and evaluating the feasibility of creating an AI-empowered system for early detection of COVID-19 in LTC facilities.

### **AID: Artificial Intelligence system for assessing and improving community-based Dementia care**

As the age distribution of the world population shifts, dementing disorders such as dementia are becoming a major health problem. According to the Alzheimer Society of Canada (2016), the proportion of adults over 65 with dementia in Canada was 9.2% in 2014 (representing 564,000 people). This is estimated to rise to 937,000 people in 2031. While early diagnosis can promote immediate and optimal management of dementia, detection of these cognitive impairments is not an easy task. The AID project advances health outcomes among the elderly by developing an AI-empowered system that can be used by clinicians to detect/predict dementia at earlier stages and deliver better care and new therapies to slow down the progression of the disease for affected individuals.

### **Xi-Care: eXplainable intelligent system for Cardiovascular disease management among women in primary care**

There is a critical need to assist primary care providers in the prediction and prevention of cardiovascular disease (CVD) among women. According to an online study of over 500 predominantly primary care physicians, less than one in five physicians are aware that more women than men die each

year from CVD [2]. In a study published in the American Journal of Cardiology, only 22% of primary care providers felt well-prepared to assess and manage CVD in women. There is a lack of CVD management interventions in AI for under-represented populations, such as African American women, despite these groups being more prone to CVD and obesity [3]. There is a clear need for a decision support system to assist primary care providers in point-of-care CVD prediction in women. My project aims to develop and test an explainable intelligent decision-support system called Xi-Care, which will aid primary care providers to accurately predict whether a woman is at risk for CVD at the point of care and equip women with an intelligent system giving personalized recommendations for prevention of CVD.

In brief, AI has the potential to impact primary health care by improving population health, lowering health care costs and improving patient and provider experience. However, my studies have shown that current AI systems are not widely tested and implemented in this setting and that those that are tested or implemented poorly report their datasets, AI models and outcomes. Further studies are needed to efficiently guide development and implementation of AI interventions in primary health care settings.

### **References**

- [1] **S. Rahimi , V. Granikov, and P. Pluye.** Current works and future directions on application of machine learning in primary care. Proceedings of the 11<sup>th</sup> Augmented Human International Conference, May 2020, article 26: 1–2, 2020.
- [2] **A. Abuful, Y. Gidron, and Y. Henkin.** Physicians' attitudes toward preventive therapy for coronary artery disease: Is there a gender bias? *Clinical Cardiology*. 28(8):389–93, 2005.
- [3] **NC. Franklin and R. Arena.** Personalized Weight Management Interventions for Cardiovascular Risk Reduction: A Viable Option for African-American Women. *Progress in Cardiovascular Disease*. 58(6):595–604, 2016. ■

---

**Samira A. Rahimi**  
GERAD & McGill

## Planification du futur secteur de l'électricité du nord-est de l'Amérique du Nord

L'article publié\* est tiré du document de travail publié dans la série Les Cahiers du GERAD sous le numéro G-2020-30.

Les politiques de décarbonisation et les changements technologiques transforment rapidement le secteur de l'énergie dans le monde entier. En particulier, plusieurs États et provinces du nord-est de l'Amérique du Nord (dont le Québec et l'Ontario) se sont engagés à réduire radicalement leurs émissions de 80 à 95 % d'ici 2050, par rapport aux niveaux d'émission de 1990.

Dans ce contexte, l'objectif de notre article est d'analyser le rôle de l'intégration et de la coopération du marché de l'électricité dans les initiatives de décarbonisation dans le nord-est de l'Amérique du Nord. Nous représentons cette région comme étant composée de cinq juridictions : Québec, Ontario, New York, Nouvelle-Angleterre et les provinces atlantiques canadiennes (voir Figure 1).

Notre article examine, du point de vue de la politique énergétique, les investissements nécessaires pour atteindre les objectifs de décarbonisation dans le Nord-Est, ainsi que les résultats globaux et régionaux de la coopération multirégionale. En outre, nous évaluons comment l'hydroélectricité contribue à intégrer les énergies renouvelables dans la région.

Pour cette étude, nous avons développé un modèle d'expansion de la capacité du Nord-Est, en considérant plusieurs options d'expansion de la production (comme l'éolien, le solaire, le nucléaire et les turbines à gaz), ainsi que des additions de capacité dans les lignes de transmission et le stockage d'énergie. Dans ce modèle, nous représentons le grand réseau hydroélectrique du Québec comme un réseau avec ses principaux réservoirs et avec une approximation agrégée de sa capacité hydroélectrique restante. Pour estimer les résultats opérationnels des décisions, nous modélisons le fonctionnement annuel chronologique avec des pas de temps horaires, en tenant compte de la variabilité à court terme de l'énergie éolienne et solaire, et des effets inter-temporels des réservoirs hydroélectriques et du stockage d'énergie.

Nous avons utilisé ce modèle pour analyser divers modes d'intégration, où chaque mode d'intégration consiste en une combinaison de trois actions coopératives : le commerce de l'électricité, l'expansion coordonnée de la transmission et la mise en commun de la capacité de production pour répondre aux besoins de la charge de pointe. Nous avons comparé nos résultats avec un mode sans coopération, où les juridictions fonctionnent en autarcie. Pour accélérer le calcul du programme mathématique de grande taille résultant (avec plus de 5 millions de non-zéros), nous avons reformulé plusieurs contraintes du modèle et nous avons appliqué un algorithme de points intérieurs.

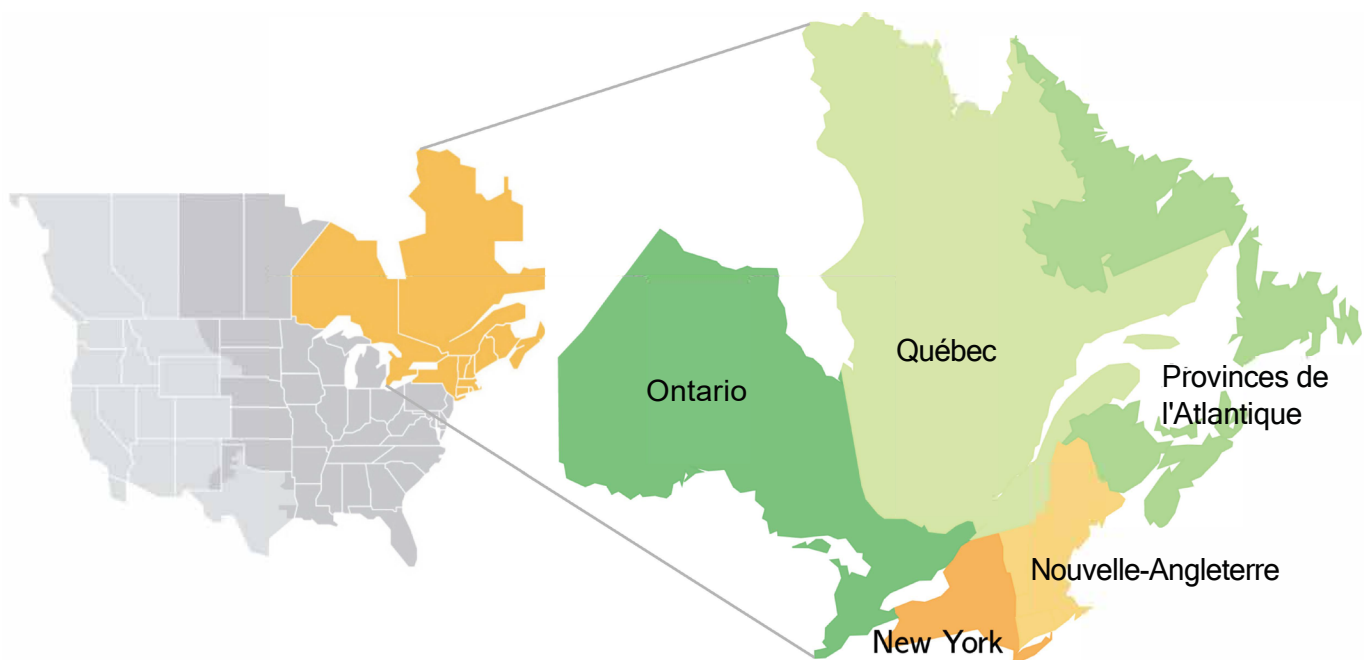


Figure 1: La région du nord-est de l'Amérique du Nord.



Étant donné que de multiples facteurs sociaux, politiques et économiques peuvent façonner l'évolution à long terme du secteur de l'électricité, nous avons évalué la sensibilité de nos résultats dans divers scénarios de niveau de décarbonisation, de niveau de charge, de disponibilité de gaz naturel neutre en carbone et d'acceptabilité de la capacité nucléaire existante.

Nos résultats indiquent que des niveaux croissants de coopération entraînent une baisse des coûts de décarbonisation, et que les économies réalisées grâce à la coopération augmentent à mesure que la carbonisation s'approfondit (voir Figure 2). Nous avons également observé que la coopération influence les modèles d'investissement et le commerce de l'électricité, tout en diminuant les prix marginaux du carbone. Dans le cadre de la coopération, nous avons observé des ajouts de capacité plus rentables et une utilisation plus efficace des ressources de production dans toute la région, ce qui réduit la nécessité d'investir dans des alternatives moins compétitives, telles que l'énergie solaire et le stockage de l'énergie. D'après nos résultats, trois mécanismes combinés sont à l'origine de la plupart des gains opérationnels de la coopération :

- Les juridictions réduisent l'effacement de l'énergie éolienne en échangeant davantage de surplus d'énergie éolienne. La réduction de l'énergie éolienne passe de 29,8 % en l'absence de coopération à 0,1 % en cas d'intégration profonde (c'est-à-dire lorsque les trois actions de coopération sont déployées).

- L'hydroélectricité joue un rôle important dans l'équilibre entre la variabilité du vent et la charge dans les régions. La corrélation entre l'énergie éolienne et l'énergie hydraulique passe d'une valeur positive en l'absence de coopération à une valeur négative en cas de coopération, et atteint un minimum de -0,28 en cas d'intégration poussée, ce qui montre l'effet d'équilibrage de l'énergie hydraulique en réponse aux variations du vent.
- La coopération augmente les exportations d'énergie à partir de la capacité existante à faible coût marginal en Ontario et au Québec, ce qui réduit les coûts de décarbonisation dans toute la région.

En outre, la vaste zone interconnectée dans le cadre de la coopération permet d'équilibrer les fluctuations de la charge et la production intermittente. Cependant, les effets de la coopération sont asymétriques entre les juridictions, certaines d'entre elles supportant des coûts plus élevés alors que d'autres régions réduisent leurs prix marginaux de l'électricité, ce qui réduit les incitations à coopérer.

Nous reconnaissons le soutien financier de l'Institut de l'énergie Trottier pour ce projet. ■

\*J. A. Rodríguez-Sarasty, S. Debia, and P. O. Pineau. Deep decarbonization in Northeastern North America: The value of electricity market integration and hydropower. *Energy Policy*, 152, 112210, 2021.

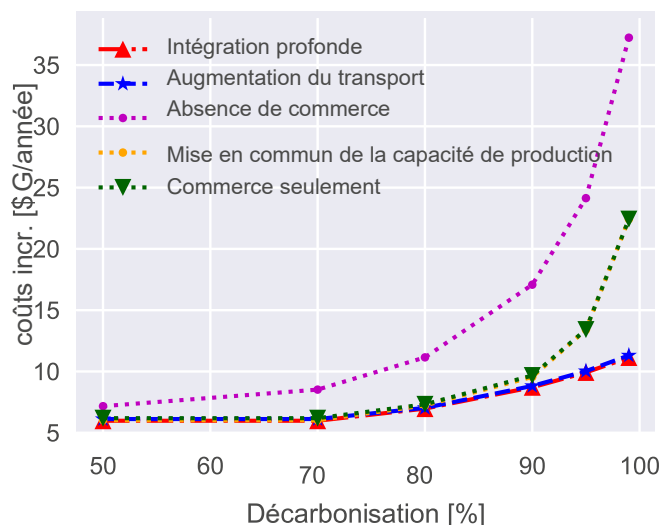


Figure 2: Coût d'opération et investissements incrémental annualisés.

**Jesús A. Rodríguez-Sarasty**  
GERAD & HEC Montréal

## Planning the future North American northeast electricity sector

*The published article\* took its roots from the working paper published in the serie Les Cahiers du GERAD under number G-2020-30*

Decarbonization policies and technological change are rapidly transforming the energy sector worldwide. In particular, several states and provinces in northeastern North America (including Québec and Ontario) have committed to drastic emission cuts of 80%-95% by 2050, with respect to 1990 emission levels.

In this context, the goal of our article is to analyze the role of electricity market integration and cooperation in decarbonization initiatives in the North American northeast. We represent this region as composed of five jurisdictions: Québec, Ontario, New York, New England and the Canadian Atlantic provinces (see Figure 1).

Our article examines from an energy policy perspective the required investments to meet decarbonization goals in Northeast, and the aggregate and regional outcomes of multi-regional cooperation. In addition, we evaluate how hydro-power contributes to integrate renewable energies in the region.

For this study, we developed a capacity expansion and dispatch model of the Northeast, considering several generation expansion options (such as wind, solar, nuclear and gas turbines), and capacity additions in transmission lines and energy storage. In this model, we represent Québec's large hydropower system as a network with its main reservoirs and with an aggregate approximation of its remaining hydro capacity. To estimate the operational outcomes of decisions, we model the chronological yearly operation with hourly time steps, considering the short-term variability of wind and solar power, and the inter-temporal effects of hydro reservoirs and energy storage.

We used this model to analyze diverse integration modes, where each integration mode consists in a combination of three cooperative actions: electricity trade, coordinated transmission expansion and pooled generation capacity to meet peak load requirements. We contrasted our results with a no-cooperation mode, where jurisdictions operate in autarky. To speed up the computation of the resulting large mathematical program (with more than 5 million non-zeroes) we reformulated several model constraints, and we applied an interior points algorithm.

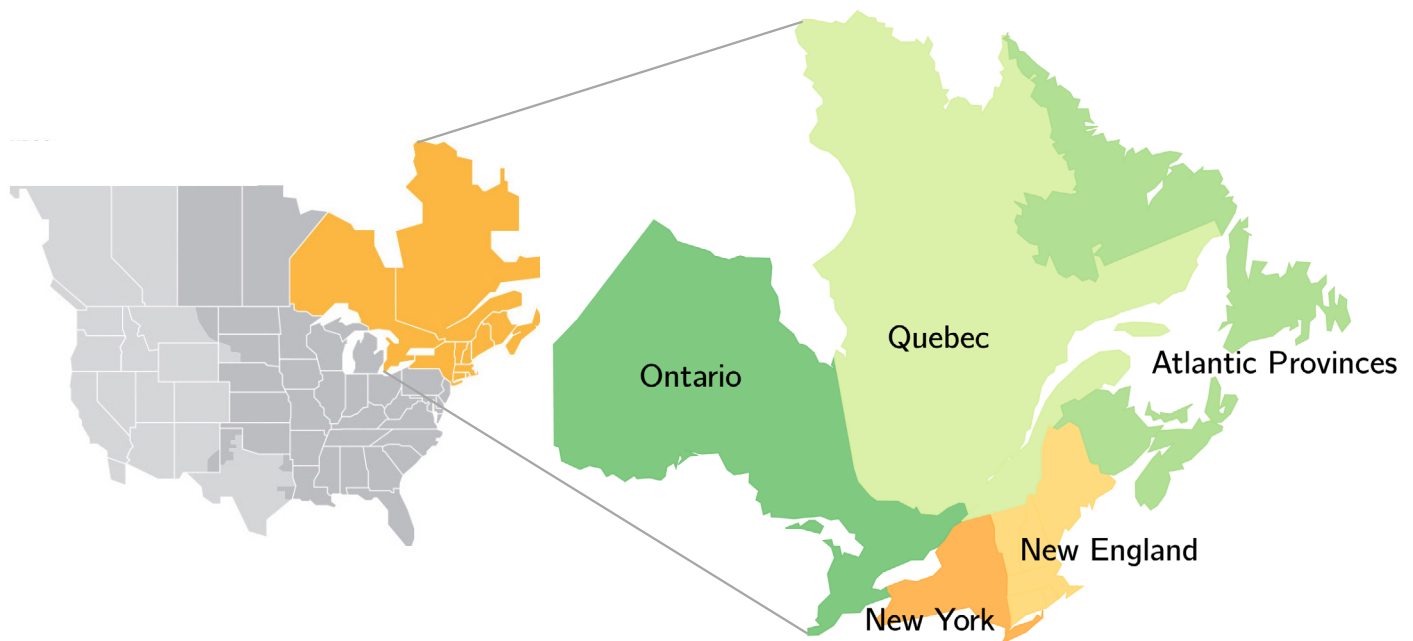


Figure 1: Northeastern North America areas.





Because multiple social, political and economic factors can shape the long-term evolution of the electricity sector, we assessed the sensitivity of our results in a variety of scenarios of decarbonization level, load level, availability of carbon-neutral natural gas, and acceptability of existing nuclear capacity.

Our results indicate that increasing levels of cooperation lead to lower decarbonization costs, and that savings from cooperation increase as carbonization deepens (see Figure 2). We also observed that cooperation influences investment patterns and electricity trade, while decreasing marginal prices of carbon. Under cooperation we observed more cost-effective capacity additions and more efficient use of generation resources throughout the region, thus reducing the need for investments in less competitive alternatives, such as solar power and energy storage. According to our results, three combined mechanisms drive most of the operational gains from cooperation:

- Jurisdictions reduce wind curtailment by trading more wind power surplus. Wind curtailment drops from 29.8% under no cooperation to 0.1% under deep integration (i.e., when deploying all three cooperative actions).

- Hydropower plays a large role in balancing wind variability and load across regions. The wind-hydro correlation shifts from positive under no-cooperation, to negative under cooperation, and reaches a minimum of -0.28 under deep integration, showing the balancing effect of hydropower in response to wind variations.
- Cooperation increases energy exports from existing low-marginal-cost capacity in Ontario and Québec, which reduce the decarbonization costs in the entire region.

Moreover, the wide interconnected area under cooperation helps to balance fluctuations in load and intermittent generation. However, the effects of cooperation are asymmetric among jurisdictions, with some jurisdictions bearing higher costs while other regions reduce their marginal electricity prices, thus reducing the incentives to cooperate.

We acknowledge the financial support of the Institut de l'énergie Trottier for this project. ■

\*J. A. Rodríguez-Sarasty, S. Debia, and P. O. Pineau. Deep decarbonization in Northeastern North America: The value of electricity market integration and hydropower. *Energy Policy*, 152, 112210, 2021.

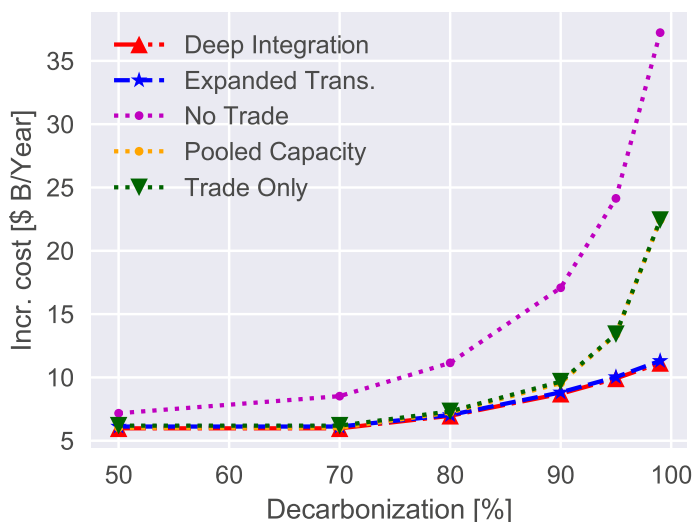


Figure 2: Annualized cost of operation and incremental investments.

**Jesús A. Rodríguez-Sarasty**  
GERAD & HEC Montréal



## Amay Cheam

2018/07 - ...

HEC Montréal  
Département de sciences de la décision

Dirigée par | Supervised by:  
Marc Fredette (HEC Montréal)

Amay Cheam est actuellement boursière postdoctorale à HEC Montréal et à Tech3Lab, sous la supervision du professeur Marc Fredette. Elle a complété son doctorat sous la supervision du professeur Paul D. McNicholas, au département de mathématiques et de statistique de l'Université McMaster, où elle s'est concentrée principalement sur les modèles de partitionnement et de mélange. En utilisant des modèles de mélange gaussiens, elle a proposé une solution alternative pour modéliser les fonctions connues d'efficacité du récepteur. Dans le même esprit, elle a proposé un nouveau mélange pour regrouper les données spatiotemporelles, plus précisément en définissant chaque composante du mélange comme un mélange de régressions polynomiales autorégressives où les coefficients de pondération tiennent compte des informations spatiales et temporelles avec un lien logistique. Auparavant, elle a obtenu une maîtrise en biostatistique à l'Université d'Ottawa (département de mathématiques et de statistique). Dans la continuité de ses travaux précédents, ses recherches actuelles portent sur le regroupement des courbes. Elle se penche sur l'utilisation d'ondelettes lors du groupement non paramétrique de courbes translatées. Outre le regroupement et la classification, elle s'intéresse aussi à la biostatistique, à la statistique numérique et aux modèles de mélange. ■

Amay Cheam is currently a postdoctoral fellow at HEC Montréal and at Tech3Lab under the supervision of Professor Marc Fredette (HEC Montréal). She completed her PhD under Professor Paul D. McNicholas at McMaster University in Mathematics/Statistics where her main focus was on clustering and mixture models. Using Gaussian mixture models, she proposed an alternative to model the known receiver operating characteristic curves. Following a similar mindset, she proposed a new mixture to cluster spatiotemporal data, more specifically by defining each mixture component as a mixture of autoregressive polynomial regressions in which the weights consider the spatial and temporal information with logistic link. Prior to that, she received her master's degree in Biostatistics (Mathematics/Statistics Department) at the University of Ottawa. Continuing her previous work, Dr. Cheam's postdoctoral work focuses on curve clustering. She is working on nonparametric clustering of translated curves using wavelets. Aside from clustering and classification, her other research interests include biostatistics, computational statistics and mixture models. ■



## Pedro Luis Miranda Lugo

2018/06 - 2021/12

HEC Montréal  
Département de gestion des opérations et de la logistique

Dirigé par | Supervised by:  
Jean-François Cordeau (HEC Montréal)  
et Emma Frejinger (Université de Montréal)

Pedro Miranda a été chercheur postdoctoral au GERAD et à HEC Montréal, sous la supervision des professeurs Jean-François Cordeau et Emma Frejinger. En janvier 2021, il a rejoint l'équipe de recherche et développement SAP en tant que Scientifique des données. Il est un ingénieur industriel diplômé de l'Université de Córdoba (Colombie). En 2011, Pedro a déménagé au Brésil pour entreprendre ses études supérieures à l'Université fédérale de São Carlos, où il a obtenu sa maîtrise (2013) et son doctorat (2018) en ingénierie de production. Ses recherches de doctorat portaient sur la création de modèles de programmation mixte en nombres entiers, ainsi que sur la conception de méthodes de solution, tant exactes qu'approximatives, pour un problème de planification intégrée de la production et d'acheminement des véhicules au sein d'une grande entreprise manufacturière brésilienne. Depuis son arrivée à Montréal en 2018, ses recherches s'orientent vers le développement de formulations sur réseaux espace-temps et d'algorithmes de décomposition spécialisés permettant de résoudre des problèmes de gestion de parcs de locomotives en situation d'incertitude. Ses recherches portent principalement sur la conception et la mise en œuvre de techniques de recherche opérationnelle pour résoudre des problèmes de planification et d'ordonnancement de la production, de la logistique et du transport dans des contextes déterministes et stochastiques. ■

Pedro Miranda was a postdoctoral researcher at GERAD and HEC Montreal, under the supervision of professors Jean-François Cordeau and Emma Frejinger. In January 2021, he joined the SAP Research and Development team as a Data Scientist. He graduated from the University of Córdoba (Colombia) as an Industrial Engineer. In 2011, Pedro moved to Brazil to start his postgraduate studies at the Federal University of São Carlos, where he obtained both his master (2013) and doctorate degrees (2018) in Production Engineering. His PhD research focused on the design of mixed-integer programming models and solution methods, both exact and approximate, for an integrated production planning and vehicle routing problem arising in a major Brazilian manufacturing company. Since his arrival in Montreal in 2018, his research has been oriented towards the development of time-expanded formulations and specialized decomposition algorithms to solve locomotive fleet management problems under uncertainty. His main research interests lie in the design and implementation of Operations Research techniques to solve problems arising in production planning and scheduling, logistics and transportation, both in deterministic and stochastic settings. ■



## Claudie Ratté-Fortin

2020/02 - ...

HEC Montréal  
Département de sciences de la décision

Dirigée par | Supervised by:  
Jean-François Plante (HEC Montréal)

Claudie Ratté-Fortin a obtenu son doctorat en sciences de l'eau au centre Eau-Terre-Environnement de l'Institut National de la Recherche Scientifique avec le professeur Karem Chokmani. Son projet s'attardait aux problématiques de qualité de l'eau de nos écosystèmes aquatiques, et plus précisément aux efflorescences récurrentes de cyanobactéries. Ses travaux ont mené au développement d'un modèle fréquentiel régional non-stationnaire permettant d'évaluer des scénarios de restauration d'un plan d'eau en prévision des changements climatiques ou des changements apportés au territoire. Elle effectue son stage postdoctoral avec le professeur Jean-François Plante. Ses travaux portent sur la modélisation d'événements naturels extrêmes, tels que les inondations, les débits de crue, les débits d'étiage ou les épisodes de cyanobactéries toxiques. Son objectif est d'évaluer le potentiel d'approches de modélisation récentes tels que les algorithmes d'apprentissage automatique dans le but de répondre à la complexité de certains phénomènes naturels qui demeurent parfois difficiles à expliquer adéquatement par les approches standards. Elle collabore également au projet Info-Crue avec le professeur Jonathan Jalbert de Polytechnique Montréal. Ce projet vise à mettre à jour la cartographie des zones inondables des rivières du Québec méridional en incluant l'impact des changements climatiques. ■

Claudie Ratté-Fortin received her doctorate in water science from the INRS Eau Terre Environnement Research Centre, working with Professor Karem Chokmani. Her project looked into water quality problems in our aquatic ecosystems, and more specifically, at recurring blooms of cyanobacteria. Claudie's work has led to the development of a regional nonstationary frequency-analysis model that makes it possible to assess restoration scenarios for water bodies, factoring in changes in climate or land use. She is doing a postdoctoral fellowship with Professor Jean-François Plante, focussing on modelling extreme natural events such as flooding, high- and low-water flows or episodes of toxic cyanobacteria. Her goal is to assess the potential of recent modelling approaches, like machine-learning algorithms, to account for the complexity of some natural phenomena that continue to be difficult to explain adequately using standard approaches. She is also involved in the Info-Crue project, with Professor Jonathan Jalbert of Polytechnique Montréal, to update the mapping of the flood-risk areas of southern Quebec's rivers while accounting for climate change. ■



## Yassine Yaakoubi

2020/01 - ...

McGill  
Département de génie des mines et  
des matériaux

Dirigé par | Supervised by:  
Roussos Dimitrakopoulos (McGill)

Yassine Yaakoubi est chercheur postdoctoral en planification des mines et en optimisation sous la direction du professeur Roussos Dimitrakopoulos (COSMO). Son principal intérêt de recherche est la combinaison de l'apprentissage machine et de la programmation mathématique pour résoudre des problèmes d'optimisation combinatoire à grande échelle. Yassine a obtenu son doctorat en décembre 2019 sous la direction des professeurs François Soumis (Polytechnique Montréal et GERAD) et Simon Lacoste-Julien (Université de Montréal et MILA), où il a étudié l'utilisation de diverses méthodes d'apprentissage machine pour initialiser un solveur de planification des horaires des équipages en transport aérien basé sur la génération de colonnes et l'agrégation de contraintes. Ses recherches portent actuellement sur la conception de nouvelles métaheuristiques réactives pour optimiser les complexes miniers industriels (plus) intelligents. Au-delà de l'apprentissage par imitation où l'on extrait des connaissances utiles des solutions passées pour améliorer l'efficacité et l'efficacité des métaheuristiques, Yassine s'intéresse particulièrement à l'utilisation de l'apprentissage par renforcement en conjonction avec un algorithme de recuit simulé multi-voisinage où la sélection de la perturbation se fait en apprentissage adaptatif. ■

Yassine Yaakoubi is a postdoctoral researcher in Mine Planning and Optimization under the supervision of Professor Roussos Dimitrakopoulos (COSMO). His research interests lie in combining machine learning and mathematical programming to solve large-scale combinatorial optimization problems. Yassine completed his PhD in December 2019 under Professors François Soumis (Polytechnique Montréal and GERAD) and Simon Lacoste-Julien (University of Montréal and MILA), where he investigated the use of various machine learning methods to warm-start an airline crew scheduling solver based on column generation and constraint aggregation. His current research looks at designing new reactive/learning metaheuristics to optimize smart(er) industrial mining complexes. Beyond imitation learning, where useful knowledge from past solutions is extracted to improve the efficiency and the effectiveness of metaheuristics, Yassine is particularly interested in using reinforcement learning in conjunction with a multi-neighborhood simulated annealing algorithm where the selection of the perturbation is made in self-adaptive learning. ■

## CHARLES GAUVIN

Scientifique de données | Data Scientist  
Local Logic

Thèse de doctorat | Doctoral Thesis:  
Méthodes d'optimisation robuste pour le problème de gestion de réservoirs

Département de mathématiques et de génie industriel  
Polytechnique Montréal, 2017

Dirigé par | Supervised by:  
Érick Delge (HEC Montréal) et  
Michel Gendreau (Polytechnique Montréal)



## ALEKSANDR KAZACHOV

professeur adjoint | Assistant Professor  
University of Florida, Department of Industrial and Systems  
Engineering

Stagiaire postdoctoral | Postdoctoral Fellow

Sujets | Topics: Frontiers of discrete optimization and computational  
economics, focusing on cutting plane algorithms, machine  
learning, and fair mechanism design

Département de mathématiques et de génie industriel,  
Polytechnique Montréal et Chaire d'excellence en recherche du  
Canada sur la science des données pour la prise de décision en  
temps réel, 2020

Dirigé par | Supervised by:  
Andrea Lodi (Polytechnique Montréal)



## PATRICK ST-LOUIS

Scientifique de données senior | Senior Data Scientist  
IRT Saint-Exupery Canada, DEEL department

Thèse de doctorat | Doctoral Thesis:  
Nouveaux algorithmes, bornes et formulations pour les problèmes de  
la clique maximum et de la coloration minimum

Département de marketing  
HEC Montréal, 2007

Dirigé par | Supervised by:  
Bernard Gendron (Polytechnique Montréal) et  
Alain Hertz (Polytechnique Montréal)





## Janosch Ortmann

D'une certaine façon, je suis «proche» du GERAD depuis un bon moment. En tant que postdoctorant au Centre de recherches mathématiques (CRM), situé au pavillon André-Aisenstadt, j'étais un voisin du GERAD de 2015 à 2017 sans même le savoir.

C'est seulement quand je suis arrivé à l'UQAM, en tant que nouveau professeur en informatique décisionnelle et en science des données, que j'en ai appris davantage sur le GERAD. Il m'est rapidement apparu que son domaine de recherche est étroitement lié à mes propres champs d'intérêt en mathématiques appliquées et en modélisation de la prise de décision en situation d'incertitude. Je suis enchanté de faire partie du GERAD. J'ai hâte de participer à ses activités et, quand ce sera possible, de faire connaissance personnellement avec sa communauté.

J'ai entamé ma carrière en mathématiques lors de mon doctorat à l'Université de Warwick, au Royaume-Uni. Sous la supervision de Neil O'Connell, j'ai étudié les objets combinatoires aléatoires, notamment en relation avec la théorie des matrices aléatoires.

À la fin de mon doctorat, j'avais passé un total de huit ans au Royaume-Uni (en comptant mes études de premier cycle). J'ai été ravi de m'installer au Canada pour un postdoc au Département de mathématiques de l'Université de Toronto, où mes conseillers étaient Jeremy Quastel et Bálint Virág. J'ai commencé à travailler sur une catégorie de modèles probabilistes qui présentent un type particulier de comportement de mise à l'échelle, que l'on appelle la catégorie d'universalité KPZ. Au-delà de la physique mathématique, de nombreux domaines des mathématiques trouvent leur application dans ce domaine où je mène toujours des projets de recherche.

Plus récemment, j'ai entrepris de travailler sur des problèmes plus appliqués, à l'intersection de la modélisation probabiliste, de l'apprentissage automatique et de l'optimisation mathématique. Par exemple, je m'intéresse à la mise au point de techniques d'apprentissage non supervisé et d'apprentissage par le renforcement pour mieux comprendre et résoudre des problèmes d'optimisation mathématique stochastiques et déterministes à grande échelle. Dans cette veine, nous avons récemment développé une approche de regroupement des graphes pour les scénarios basés sur le coût d'opportunité. Je m'intéresse aussi à l'application de techniques de modélisation probabiliste et d'apprentissage automatique à la biologie computationnelle et à la médecine personnalisée.

Cela me réjouit d'apprendre à vous connaître, virtuellement pour l'instant, et en personne dès que possible. ■



In some sense, I have been "close" to GERAD for some time. As a postdoc at the Centre de recherches mathématiques (CRM) between 2015 and 2017, I was a neighbour of GERAD in the Pavillon André-Aisenstadt, without even being aware of it.

It was only when I joined UQAM as a new professor in business intelligence and data science that I learned

more about GERAD. Very quickly it became clear to me that its research field is closely connected to my own interests in applied mathematics and modelling of decision making under uncertainty. I am thrilled to have joined GERAD and am looking forward to participating in its activities and, once this is possible, personally getting to know the community.

I started my career in mathematics during my PhD at the University of Warwick in United Kingdom. Under the supervision of Neil O'Connell, I studied random combinatorial objects, particularly in connection to random matrix theory.

At the end of my PhD I had spent a total of eight years in the UK (including undergraduate). I was excited to move to Canada, for a postdoc in the Department of mathematics at the University of Toronto, where my advisors were Jeremy Quastel and Bálint Virág. I started working on a class of probabilistic model that exhibit a particular type of scaling behaviour, called the KPZ universality class. Beyond its interest for mathematical physics, many different fields of mathematics find their application in this area, in which I still pursue some research projects.

Recently, I have started working on more applied problems that lie at the intersection of probabilistic modelling, machine learning and mathematical optimization. For example, I am interested in developing unsupervised and reinforcement learning techniques to better understand and solve large-scale stochastic and deterministic mathematical optimization problems. In this direction, we have recently developed a graph clustering approach to scenarios based on opportunity cost. I am also interested in applying probabilistic modelling and machine learning techniques to computational biology and personalized medicine.

I am looking forward to getting to know you, virtually for the time being and in person as soon as it is possible. ■

## Prix, distinctions, rayonnement et nouvelles

**Claudia Archetti** (Università degli Studi di Brescia), **Jean-François Cordeau** (HEC Montréal) et **Guy Desaulniers** (Polytechnique Montréal) ont publié ce numéro spécial pour célébrer le 40<sup>e</sup> anniversaire du GERAD : « Combining optimization and machine learning: applications in vehicle routing, network design and crew scheduling », *EURO Journal on Transportation and Logistics*, 19(4), déc. 2020.

**Charles Audet**, **Sébastien Le Digabel**, **Andrea Lodi** et **Dominique Orban**, tous de Polytechnique Montréal, obtiennent une subvention Alliance du CRSNG. Cette subvention d'un montant total de 781 500 \$ est un partenariat avec Huawei Technologies et portera sur « Numerical Optimization and Machine Learning ».

À l'été 2024, un comité présidé par **Charles Audet** (Polytechnique Montréal) organisera à Montréal la 25<sup>e</sup> édition du plus grand congrès international en optimisation mathématique au monde : le Symposium international sur la programmation mathématique (ISMP 2024).

Cet [article](#), paru dans la prestigieuse revue *Nature*, montre qu'en France, de nombreux malades de la COVID-19 n'ont pas consulté ni alerté la santé publique de leur condition, menant à une sous-détection problématique des cas. Cette étude est basée sur un modèle mathématique dont les paramètres ont été optimisés grâce au logiciel *NOMAD* développé au GERAD par l'équipe des professeurs **Charles Audet** (Polytechnique Montréal) et **Sébastien Le Digabel** (Polytechnique Montréal) et les associés de recherche **Viviane Rochon Montplaisir** et **Christophe Tribes**.

La Faculté des sciences de l'administration de l'Université Laval a remis la médaille de la recherche à **Leandro Callegari Coelho** et **Monia Rekik**, du Département d'opérations et systèmes de décision. Ils se sont distingués par le rayonnement national et international des résultats de leurs

recherches. L'attribution d'une médaille s'appuie principalement sur les publications dans des revues de recherche reconnues internationalement et ayant un processus formel et rigoureux d'évaluation par les pairs.

**Chun Cheng**, dirigée par **Yossiri Adulyasak** (HEC Montréal) et **Louis-Martin Rousseau** (Polytechnique Montréal) a remporté le concours de la meilleure thèse du GERAD 2020 pour sa thèse intitulée « Robust Optimization for Supply Chain Applications: Facility Location and Drone Delivery Problems ».

Nos chercheurs travaillent sur un outil d'aide à la décision pour améliorer le dépistage. En effet, **Guy Desaulniers** (Polytechnique Montréal) et **Andrea Lodi** (Polytechnique Montréal) ont été contactés pour améliorer la distribution des tests moléculaires et sérologiques de dépistage de la COVID-19 aux quatre coins du Canada. Lire l'article ici : [www.scientifique-en-chef.gouv.qc.ca/impacts/outil-aide-decision-pour-ameliorer-depistage/](http://www.scientifique-en-chef.gouv.qc.ca/impacts/outil-aide-decision-pour-ameliorer-depistage/)

**Sanae Loffi**, codirigée par **Andrea Lodi** (Polytechnique Montréal) et **Dominique Orban** (Polytechnique Montréal), a remporté le Prix du meilleur mémoire de maîtrise du département de mathématiques et génie industriel de Polytechnique Montréal pour son mémoire intitulé « Stochastic first and second order optimization methods for machine learning ».

**Samuel Pelletier** (HEC Montréal) a reçu la récompense la plus prestigieuse pour un diplômé d'une maison d'enseignement canadienne : la médaille d'or académique du gouverneur général du Canada.

**Shanshan Wang**, candidate proposée par **Leandro Coelho** (Université Laval) et **Erick Delage** (HEC Montréal) ainsi que **Lingxiao Wu**, candidat proposé par **Jean-François Cordeau** (HEC Montréal) et **Yossiri Adulyasak** (HEC Montréal) sont les récipiendaires du 14<sup>e</sup> concours de bourses postdoctorales du GERAD, ils recevront chacun une demi-bourse de 30 000 \$. ■

## Stagiaires | Trainees

2020/09 - 2021/08

**Aura Jalal** (HEC Montréal, Canada)

2020/03 - ...

**Jitsama Tanlamai** (Chulalongkorn University, Thaïlande)

2020/01 - ...

**Youssef Barkaoui** (Université du Québec à Trois-Rivières, Canada)

## Soutenances de mémoires et de thèses | Thesis defences

**Dounia Lakhmiri**

Directeur / Director: Sébastien Le Digabel (Polytechnique Montréal)

Doctorat / Doctorate: Optimisation des hyperparamètres des réseaux de neurones profonds

**Utsav Sadana**

Directeur / Director: Georges Zaccour (HEC Montréal)

Doctorat / Doctorate: Essays on differential games with impulse control



## Awards, honours, contributions and news

**Claudia Archetti** (Università degli Studi di Brescia), **Jean-François Cordeau** (HEC Montréal) and **Guy Desaulniers** (Polytechnique Montréal) have published this special issue to celebrate the GERAD's 40<sup>th</sup> anniversary: "Combining optimization and machine learning: applications in vehicle routing, network design and crew scheduling", *EURO Journal on Transportation and Logistics*, 19(4), dec. 2020.

**Charles Audet**, **Sébastien Le Digabel**, **Andrea Lodi** and **Dominique Orban**, all from Polytechnique Montréal, obtained an Alliance grant from NSERC. This grant totaling \$781,500 is a partnership with Huawei Technologies and will focus on "Numerical Optimization and Machine Learning".

In the summer of 2024, a committee chaired by **Charles Audet** (Polytechnique Montréal) will organize in Montréal the 25<sup>th</sup> edition of the world's largest international mathematical optimization conference: the International Symposium on Mathematical Programming (ISMP 2024).

Our researchers are working on a decision support tool to improve testing. **Guy Desaulniers** (Polytechnique Montréal) and **Andrea Lodi** (Polytechnique Montréal) have been contacted to improve the distribution of molecular and serological tests for COVID-19 across Canada. Read the article here: [www.scientifique-en-chef.gouv.qc.ca/impacts/outil-aide-decision-pour-ameliorer-depistage/](http://www.scientifique-en-chef.gouv.qc.ca/impacts/outil-aide-decision-pour-ameliorer-depistage/)

This [article](#), published in the prestigious journal *Nature*, shows that in France, many COVID-19 patients have not consulted or alerted public health to their condition, leading to problematic under-detection of cases. This study is based on a mathematical model, the parameters of which were optimized using the *NOMAD* software developed at GERAD by the team of professors **Charles Audet** (Polytechnique Montréal) and **Sébastien Le Digabel** (Polytechnique Montréal) and the research associates **Viviane Rochon Montplaisir** and **Christophe Tribes**.

The Faculty of Business Administration of Université Laval awarded the research medal to **Leandro Callegari Coelho** and **Monia Rekik**, from the Department of Operations and Decision Systems. They have distinguished themselves by the national and international influence of the results of

their research. The award of a medal is based primarily on publications in internationally recognized research journals that have a formal and rigorous peer review process.

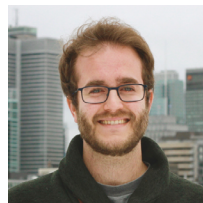
**Chun Cheng**, supervised by **Yossiri Adulyasak** (HEC Montréal) and **Louis-Martin Rousseau** (Polytechnique Montréal) won the 2020 GERAD Best Thesis Competition for her thesis "Robust Optimization for Supply Chain Applications: Facility Location and Drone Delivery Problems".



Chun Cheng

**Sanae Loffi**, co-directed by **Andrea Lodi** (Polytechnique Montréal) and **Dominique Orban** (Polytechnique Montréal), has received the Best Master's Thesis Award of the Department of Mathematics and Industrial Engineering, Polytechnique Montréal for her thesis, entitled "Stochastic first and second order optimization methods for machine learning".

**Samuel Pelletier** (HEC Montréal) received the most prestigious recognition awarded to graduates of Canadian educational institutions, the Governor General of Canada's Academic Gold Medal.



Samuel Pelletier

**Shanshan Wang**, candidate proposed by **Leandro Coelho** (Université Laval) and **Erick Delage** (HEC Montréal) along with **Lingxiao Wu**, candidate proposed by **Jean-François Cordeau** (HEC Montréal) and **Yossiri Adulyasak** (HEC Montréal) are the winners of the 14<sup>th</sup> GERAD postdoctoral fellowship competition. They will each receive a half-fellowship of \$30,000. ■

## Congés sabbatiques | Sabbatical leaves

**Guy Desaulniers** (Polytechnique Montréal)  
1<sup>er</sup> juillet 2020 au 30 juin 2021  
July 1<sup>st</sup>, 2020 to June 30, 2021

**Jacques Desrosiers** (HEC Montréal)  
1<sup>er</sup> juin 2020 au 31 mai 2021  
June 1<sup>st</sup>, 2020 to May 31, 2021

**Issmail El Hallaoui** (Polytechnique Montréal)  
1<sup>er</sup> janvier 2021 au 31 décembre 2021  
January 1<sup>st</sup>, 2021 to December 31, 2021

**Denis Larocque** (HEC Montréal)  
1<sup>er</sup> juin 2020 au 31 mai 2021  
June 1<sup>st</sup>, 2020 to May 31, 2021

**Sébastien Le Digabel** (Polytechnique Montréal)  
30 août 2020 au 29 août 2021  
August 30, 2020 to August 29, 2021

## Les Cahiers du GERAD |

### Technical reports

- G-2021-27 **Djeumou Fomeni, Franklin**  
A lifted-space dynamic programming algorithm for the Quadratic Knapsack Problem
- G-2021-26 **Akbarzadeh, Nima; Mahajan, Aditya**  
Maintenance of a collection of machines under partial observability: Indexability and computation of Whittle index
- G-2021-22 **Oubraham, Aichouche; Saint-Pierre, Patrick; Zaccour, Georges**  
Viability of a multi-parcel agroecological system
- G-2021-11 **Ben-Abdellatif, Malek; Ben-Ameur, Hatem; Chérif, Rim; Fakhfakh, Tarek**  
Quasi-maximum likelihood for estimating structural models
- G-2021-09 **Costa, Leandro R.; Aloise, Daniel; Gianoli, Luca G.; Lodi, Andrea**  
Heuristics for optimizing 3D mapping missions over swarm-powered ad-hoc clouds
- G-2021-08 **Séguin, Sara; Benkalai, Imène; Tremblay, Hugo; Lebeuf, Xavier; Perron-Chouinard, David-Emmanuel**  
Combining heuristics and integer linear programming to compute a solution to the Robotic Process Automation (RPA) problem
- G-2021-07 **Al Handawi, Khalil Bassam; Kokkolaras, Michael**  
Optimization of infectious disease prevention and control policies using agent-based modeling
- G-2021-05 **Gauthier, Jean-Bertrand; Desrosiers, Jacques**  
The minimum mean cycle-canceling algorithm for linear programs
- G-2020-84 **Thiongane, Mamadou; Chan, Wyeon; L'Ecuyer, Pierre**  
Learning-based prediction of conditional wait time distributions in multiskill call centers
- G-2020-83 **Ta, Thuy Anh; Chan, Wyeon; Basfin, Fabian; L'Ecuyer, Pierre**  
A simulation-based decomposition approach for two-stage staffing optimization in call centers under arrival rate uncertainty
- G-2020-82 **L'Ecuyer, Pierre; Marion, Pierre; Godin, Maxime; Puchhammer, Florian**  
A tool for custom construction of QMC and RQMC point sets
- G-2020-81 **Sadana, Utsav; Viswanadha Reddy, Puduru; Ba?ar, Tamer; Zaccour, Georges**  
Sampled-data Nash equilibria in differential games with impulse controls
- G-2020-80 **Khurram, Adil; Duffaut Espinoza, Luis; Almassalkhi, Mads; Malhamé, Roland**  
Identification of hot water end-use process of electric water heaters from energy measurements
- G-2020-79 **Benkalai, Imène; Séguin, Sara**  
Hydropower optimization
- G-2020-78 **Altman, Clément; Desaulniers, Guy; Errico, Fausto**  
The fragility-constrained vehicle routing problem with time windows
- G-2020-77 **Parilina, Elena M.; Viswanadha Reddy, Puduru; Zaccour, Georges**  
Stability and negotiation of long-term agreements in cooperative difference games with nontransferable utility
- G-2020-76 **Kanani Kuchesfehani, Elnaz; Parilina, Elena M.; Zaccour, Georges**  
Cost-revenue sharing in a dynamic closed-loop supply chain with uncertain parameters
- G-2020-75 **Zaman, Hosain; Zaccour, Georges**  
Subsidies and pricing strategies in a vehicle scrappage program with strategic consumers
- G-2020-74 **Schanen, Michel; Maldonado, Daniel Adrian; Pacaud, François; Montoison, Alexis; Anifescu, Mihai; Kim, Kibaek; Kim, Youngdae; Rao, Vishwas; Subramanyam, Anirudh**  
Julia as a portable high-level language for numerical solvers of power flow equations on GPU architectures
- G-2020-73 **Breton, Michèle; Crettez, Bertrand; Hayek, Naila**  
Corporate social responsibility, profits, and welfare in a duopolistic market
- G-2020-72 **Quesnel, Frédéric; Wu, Alice; Desaulniers, Guy; Soumis, François**  
Deep-learning-based partial pricing in a branch-and-price algorithm for personalized crew rostering
- G-2020-71 **Tahir, Adil; Quesnel, Frédéric; Desaulniers, Guy; El Hallaoui, Issmail; Yaakoubi, Yassine**  
An improved integral column generation algorithm using machine learning for aircrew pairing
- G-2020-70 **van Zon, Mathijs; Desaulniers, Guy**  
The joint network vehicle routing game with optional customers
- G-2020-69 **Er-Rbib, Safae; Desaulniers, Guy; Elhallaoui, Issmail; Munroe, Patrick**  
Preference-based and cyclic bus driver rostering problem with fixed days off
- G-2020-68 **Caporossi, Gilles; Leblay, Christophe; Usoof, Hakim**  
GenoGraphiX-Log version 2.0 User Guide
- G-2020-67 **Wu, Lingxiao; Adulyasak, Yossiri; Cordeau, Jean-François; Wang, Shuaian**  
Vessel service planning in seaports
- G-2020-67\* **Wu, Lingxiao; Adulyasak, Yossiri; Cordeau, Jean-François; Wang, Shuaian**  
Online supplement to the article Vessel service planning in seaports
- G-2020-66 **Nguyen, Duy Tan; Adulyasak, Yossiri; Cordeau, Jean-François; Ponce, Silvia I.**  
Data-driven operations and supply chain management: Established research clusters from 2000 to early 2020
- G-2020-66\* **Nguyen, Duy Tan; Adulyasak, Yossiri; Cordeau, Jean-François; Ponce, Silvia I.**  
Online supplement to the article Data-driven operations and supply chain management: Established research clusters from 2000 to early 2020
- G-2020-64 **Thevenin, Simon; Adulyasak, Yossiri; Cordeau, Jean-François**  
Stochastic dual dynamic programming for multi-echelon lot-sizing with component substitution
- G-2020-64\* **Thevenin, Simon; Adulyasak, Yossiri; Cordeau, Jean-François**  
Online supplement to the article Stochastic dual dynamic programming for multi-echelon lot-sizing with component substitution
- Révisions / Revisions**  
G-2018-68 **Ben-Ameur, Hatem; Fakhfakh, Tarek; Roch, Alexandre**  
Valuing corporate securities when the firm's assets are illiquid  
Révision: Mars 2021 / Revision: March 2021





## Ateliers en ligne | Online workshops

2021/04

**Elaine Pelletier** (HEC Montréal, Canada)  
Writing successful resumes + LinkedIn profiles\*  
\*En collaboration avec le CIRRELT

2021/03

**Ludovic Salomon** (Polytechnique Montréal, Canada)  
Introduction to multiobjective optimization

2021/02

**Rosemarie Santa Gonzalez** (Université du Québec à Montréal, Canada)  
Presenting in times of COVID-19: How to give a good digital presentation?

## Webinaires du GERAD | GERAD Webinars

2021/05

**Franklin Djeumou Fomeni** (Université du Québec à Montréal, Canada)  
Recent algorithmic advances for the quadratic knapsack problem

**Mary Kang** (Université McGill, Canada)  
Mitigation and management of climate and environmental impacts of abandoned oil and gas wells

2021/04

**David Ardia** (HEC Montréal, Canada)  
Sentometrics: An overview of methodology and applications

**Carolina Osorio** (HEC Montréal, Canada)  
Efficient Bayesian optimization techniques for high-dimensional urban mobility problems

2021/03

**Antoine Lesage-Landry** (Polytechnique Montréal, Canada)  
Real-time decision-making for demand response under uncertainty

2021/01

**David P. Sanders** (Universidad Nacional Autónoma de México, Mexique)  
Global optimization with interval methods in Julia

## Webinaires “Un chercheur du GERAD vous parle!” | “Meet a GERAD Researcher!” webinars

2021/05

**Azadeh Maroufmashat** (HEC Montréal, Canada)  
Role of hydrogen economy in the de-carbonization of energy systems

2021/04

**Aldair Alvarez** (HEC Montréal, Canada)  
Inventory routing under stochastic supply and demand

**Fausto Errico** (École de technologie supérieure, Canada)  
Routing problems arising in public transit and freight distribution

2021/03

**Imène Benkalai** (Université du Québec à Chicoutimi, Canada)  
Optimisation hydroélectrique

**Brigitte Jaumard** (Université Concordia, Canada)  
Distributed resource constrained shortest paths for 5G network provisioning

2021/02

**Aleksandr Kazachkov** (Polytechnique Montréal, Canada)  
Towards more practical stronger cutting plane methods

**Jean-François Plante** (HEC Montréal, Canada)  
Sélection de variables objective avec un algorithme génétique parallèle

2021/01

**Denis Larocque** (HEC Montréal, Canada)  
Random forest as a weight-generating machine for local estimation and prediction

**Yaroslav Sali** (Université McGill, Canada)  
Dynamic programming on posets for traveling salesman with precedence constraints: A dent in state of the art



## Webinaires ISS (Séminaire informel de théorie des systèmes) | ISS webinars (Informal Systems Seminar)

---

2021/04

**Nathalie Ayi** (Sorbonne Université, France)

Mean-field and graph limits for collective dynamics models with time-varying weights

**Philip E. Paré** (Purdue University, États-Unis)

Epidemic spread with transportation: Modeling, inference, and control

**Prashant Girdharilal Mehta** (University of Illinois at Urbana-Champaign, États-Unis)

What is the Lagrangian for nonlinear filtering?

2021/03

**Kai Cui** (Technical University of Darmstadt, Allemagne)

Approximately solving mean field games via entropy-regularized deep reinforcement learning

**Jr-Shin Li** (Washington University in St. Louis, États-Unis)

Control of inhomogeneous dynamic ensembles

**Jun Liu** (University of Waterloo, Canada)

Formal methods for nonlinear control: A robustness perspective

2021/02

**Fabio Coppini** (Université de Paris, France)

Weakly interacting particles on dense graph sequences

**Derek Onken** (Emory University, États-Unis)

A neural network approach for high-dimensional optimal control

**Joao Saude** (Systems and Robotics Institute (ISR), Portugal)

Mean-field games models of price formation

**Dengwang Tang** (University of Michigan, États-Unis)

Dynamic games among teams with asymmetric information

2021/01

**Dena Firoozi** (HEC Montréal, Canada)

LQG mean field games with a major agent: Nash certainty equivalence versus probabilistic approach

**James Richard Forbes** (Université McGill, Canada)

Optimal control of quadrotors on the matrix Lie group of double direct isometries SE<sub>2</sub>(3)

**Rabih Salhab** (MIT, États-Unis)

Social learning under behavioral assumptions

## Webinaire d'apprentissage automatique efficace | Efficient machine learning webinar

---

2021/05

**Sarath Chandar** (Polytechnique Montréal, Canada)

Towards lifelong learning systems

2021/03

**Jalal Arabneydi** (Université Concordia, Canada)

Deep structured teams: A game-theoretic approach towards large-scale multi-agent systems and parametric reasoning

**Thiago Serra** (Bucknell University, États-Unis)

Scaling up exact neural network compression by ReLU stability

2021/02

**Priyank Jaini** (Huawei Noah's Ark, Canada)

Sampling in combinatorial spaces with SurVAE flow augmented MCMC

**François Leduc-Primeau** (Polytechnique Montréal, Canada)

Building energy-efficient AI chips by exploiting energy-reliability tradeoffs

**Peyman Passban** (Amazon, Canada)

Multitask transformers for robust machine translation

**Kiarash Shaloudegi** (Huawei Noah's Ark, Canada)

Federated learning meets multi-objective optimization

## Webinaire étudiant | GERAD Student webinar

---

2021/01

**Narges Sereshti** (HEC Montréal, Canada)

The value of aggregate service levels in stochastic lot sizing problems in a receding horizon environment



## Webinaires du GERAD conjoints avec ... | GERAD webinars joint with ...

---

### Chaire de recherche du Canada sur la prise de décision en incertitude | Canada Research Chair in Decision Making Under Uncertainty

2021/04

**Shanshan Wang** (HEC Montréal, Canada)

A column generation scheme for two-stage distributionally robust multi-item newsvendor problem

### Chaire de théorie des jeux et gestion | Chair in Game Theory and Management

2021/05

**Xiao Huang** (Université Concordia, Canada)

Buyer direct financing under supplier disruption risk

**Ratul Lahkar** (Ashoka University, Inde)

Affirmative action in large population contests

2021/04

**Alessandra Buratto** (University of Padova, Italie)

Optimal adaptation of lockdown measures upon the introduction of a COVID-19 vaccination campaign

**Sidika Tunc Candogan** (University College London, Royaume-Uni)

Team collaboration in innovation contests

**Margarida Carvalho** (Université de Montréal, Canada)

Interdiction games on graphs

**Jafar Chaab** (HEC Montréal, Canada)

Dynamic pricing and advertising in the presence of strategic consumers and social contagion: A mean-field game approach

**Guiomar Martín-Herrán** (Universidad de Valladolid, Espagne)

Investment in cleaner technologies in a transboundary pollution dynamic game. A numerical investigation

2021/03

**Michèle Breton** (HEC Montréal, Canada)

The impact of safety covenants in syndicated loan agreements

**Anna Jaśkiewicz** (Wrocław University of Science and Technology, Pologne)

Quasi-hyperbolic discounting in Markov decision processes

**Marie Laclau** (HEC Paris, France)

Robust communication on networks

**Elena Parilina** (Saint Petersburg State University, Russie)

Average-oriented opinion dynamics in society with given network structure

2021/02

**Régis Chenavaz** (KEDGE Business School, France)

Advertising, goodwill, and the Veblen effect

**Pegah Rokhforoz** (University of Tehran, Iran, et ETH Zurich, Suisse)

Incentive mechanism design using linear matrix inequality approach

**Katerina Stankova** (Maastricht University, Pays-Bas)

Improving treatment of metastatic cancer through game theory

**Kaiqiang Zhang** (University of Illinois at Urbana-Champaign, États-Unis)

Provable reinforcement learning for multi-agent and robust control systems

2021/01

**Fouad El Ouardighi** (ESSEC Business School, France)

Control of an epidemic with endogenous treatment capability under popular discontent and social fatigue

**Massimiliano Ferrara** (Mediterranea University of Reggio Calabria, Italie)

Fuzzy fractional-order model of the novel coronavirus: The impact of delay strategies on the pandemic dynamics model with nonlinear incidence rate

**Florian Wagener** (University of Amsterdam, Pays-Bas)

All symmetric equilibria in differential games with public goods

## CORONAVIRUS : NOS OPÉRATIONS COURANTES MAINTENUES À DISTANCE

**2021-06-01** Dans le contexte des mesures mises en place pour lutter contre le coronavirus, notre équipe fera du télétravail et les activités de recherche en présentiel sont suspendues jusqu'à nouvel ordre. Nos bureaux seront fermés. Nous invitons les membres à effectuer leurs rencontres à distance, par téléphone ou par visioconférence.

Nous vous demandons de respecter les directives gouvernementales de la santé publique québécoise (<https://www.quebec.ca/sante/problemes-de-sante/a-z/coronavirus-2019/>) ainsi que celles de votre université.

Nous demeurons donc disponibles et poursuivons nos activités courantes.

Merci de votre collaboration,

Consultez les dernières directives :  
Université d'affiliation HEC Montréal : <https://www.hec.ca/avis/>  
Nos locaux (Université de Montréal) : <https://urgence.umontreal.ca/>

## CORONAVIRUS: OUR CURRENT OPERATIONS MAINTAINED REMOTELY

**2021-06-01** In the context of the measures put in place to reduce the risk of spreading coronavirus, our team will be teleworking and the face-to-face research activities are suspended until further notice. Our offices will be closed. We invite members to conduct their meetings online or by phone whenever possible.

We ask you to respect the Québec public health governmental directives (<https://www.quebec.ca/sante/problemes-de-sante/a-z/coronavirus-2019/>) as well as those of your university.

We therefore remain available and continue our ongoing operations. Adjustments to upcoming training and events, if any, will be communicated.

Thank you for your collaboration.

Consult the latest directives:  
HEC Montréal affiliate university: <https://www.hec.ca/en/notice/>  
Our offices (Université de Montréal): <https://urgence.umontreal.ca/>



© parmeneya / Pixabay

2021/06/03

2021/06/11

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

**From Batch Normalization (BN) to Stochastic Whitening Batch Normalization (SWBN)**  
Ehsan Nezhadarya – LG Electronics, Canada  
*Webinaire /webinar*

**Reformulation of an optimal control problem using some states as variables**  
Pierre-Yves Bouchet – Polytechnique Montréal, Canada  
*Webinaire /webinar*

BULLETIN DU  
**GERAD**

Volume 18, numéro 1, printemps 2021  
Édité 2 fois l'an par le GERAD

Éditeurs du Bulletin  
**Dominique Orban**  
dominique.orban@gerad.ca  
**Sara Séguin**  
sara.seguin@uqac.ca

Responsable de l'édition  
**Karine Hébert**

Traductrices  
**Josée Lafrenière**  
**Johanne Latour**

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

[www.gerad.ca](http://www.gerad.ca)  
[bulletin@gerad.ca](mailto:bulletin@gerad.ca)

Dépôt légal – Bibliothèque nationale  
du Québec – 2021

Reproduction autorisée avec mention  
de la source

Le Bulletin du GERAD utilise l'ordre alphabétique des  
auteurs par convention, sans implication quant à la  
contribution de chacun

La parution de ce Bulletin est rendue possible grâce  
au soutien de **HEC Montréal, Polytechnique Montréal,**  
**Université McGill, Université du Québec à Montréal,**  
ainsi que du **Fonds de recherche du Québec – Nature  
et technologies.**

GERAD NEWSLETTER

Volume 18, number 1, Spring 2021  
Published twice a year by GERAD

Editors  
**Dominique Orban**  
dominique.orban@gerad.ca  
**Sara Séguin**  
sara.seguin@uqac.ca

Edition coordinator  
**Karine Hébert**

Translators  
**Josée Lafrenière**  
**Johanne Latour**

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

[www.gerad.ca](http://www.gerad.ca)  
[bulletin@gerad.ca](mailto:bulletin@gerad.ca)

Legal deposit – Bibliothèque nationale  
du Québec – 2021

Copying authorized with acknowledgement  
of source

The GERAD Newsletter uses the alphabetical order of  
authors by convention, without implication as to the  
contribution of each

The publication of this Newsletter is made possible  
thanks to the support of **HEC Montréal, Polytechnique  
Montréal, McGill University, Université du Québec  
à Montréal,** as well as the **Fonds de recherche du  
Québec – Nature et technologies.**