

**Volume 32 Number 2**

**April 1998**

**Contents**

In This Issue	2
The 1997/98 Council / Le Conseil 1997/98	3
Paolo Toth wins the Larnder / Paolo Toth reçoit le Larnder	4
CORS Events at the Montreal Conference	5
Activités de la SCRO au congrès annuel	6
Nominees for 1998/99 Council Positions	7
Society Fee Increases	8
News from the Toronto Student Section	8
New CORS-Editor for INFOR	9
News from the Ottawa Section	9
<b>Continuous Global Optimization: A Personal Perspective</b>	10
<b>Un point de vue personnel sur l'optimisation globale continue</b>	
<i>Feature Article by János D. Pintér</i>	
National Contribution to IFORS XV contribution nationale	27
MOPGP Conference Announcement	28
Meetings and Conferences	29
The Next Issue	31
Membership Form	31

**In This Issue**

In this issue of the Bulletin, we feature the fifth article in our series highlighting O.R. activity across Canada. This issue's article is by János D. Pintér and it presents an good overview of global optimization. (If you have suggestions for future feature articles, or if you wish to contribute to the series, please contact me at rcaron@uwindsor.ca.)

As this is the pre-conference issue, you will find a list of candidates, with short biographical sketches, for the Society's elected positions. You will also find a description of the CORS events that will take place within the larger INFORMS schedule.

Be sure to see page 4 to read the announcement of Dr. Paolo Toth as the 1998 Larnder Lecturer. This award is our Society's most prestigious and most recognized.

As I am becoming the President at the AGM on April 28, 1998, this is my last issue as Editor of the Bulletin. My thanks to the many people who sent notes of appreciation for my efforts. It was fun!

*Rick  
Caron*

**Editor/Rédacteur**

Richard J. Caron

**Publisher/Éditeur**CORS/SCRO  
Box 2225 Station D  
Ottawa, Ont. K1P 5W4**Printer/Imprimeur**Grenville Management &  
Printing  
25 Scarsdale Road  
North York, Ont  
M3B 2R2**Elected Officers**President  
Vice-President  
Past-President  
Secretary  
Treasurer**Officiers élus**Roger Roy  
Richard Caron  
Michel Gendreau  
Evelyn Richards  
John Blake**Councillors****Conseillers**Erhan Erkut (96/98)  
Surendra Rawat (96/98)  
David Martell (97/99)  
Bernard Lamond (97/99)**Standing Committees**Education  
Membership  
Public Relations  
Publications  
Program**Comités permanents**Erhan Erkut  
David Martell  
Bernard Lamond  
Michel Gendreau  
Surendra Rawat**Ad hoc Committees**Practice Prize  
Student Paper  
Solandt Prize  
Larnder Prize  
Service Award  
Merit Award**Comités ad hoc**François Julien  
Michael Carter  
Paul Mireault  
Peter Bell  
Richard Caron  
Suresh Sethi  
Michel Gendreau  
Pierre Hansen  
John Blake  
Roger Roy  
Richard Caron  
Will Price  
www.cors.ca

## Financial Planning

## IFORS Rep

**WWW**

**The 1997/98 Council**

Your 1997/98 Council, which is made up of the Officers of the Society, the Elected Councillors, and the Section Presidents, is given below. This information, together with complete mailing addresses, can be found at <[www.cors.ca](http://www.cors.ca)>.

**Le Conseil 1997/98**

Le Conseil 1997/98 de la Société se compose des officiers de la Société, des conseillers élus et des présidents des sections locales, tel qu'indiqué ci-dessous. Cette information, ainsi que les adresses complètes des membres du Conseil, est disponible à <[www.cors.ca](http://www.cors.ca)>.

---

President	Roger Roy, Department of National Defense, rroy@dgs.dnd.ca
Vice President	Rick Caron, University of Windsor, rcaron@uwindsor.ca
Secretary	Evelyn W. Richards, University of New Brunswick, ewr@unb.ca
Treasurer	John T. Blake, DalTech, blakejt@tuns.ca
Past President	Michel Gendreau, Université de Montréal, michelg@crt.umontreal.ca
Councillor	Erhan Erkut, University of Alberta, erhan.erkut@ualberta.ca
Councillor	Bernard F. Lamond, Université Laval, Bernard.Lamond@fsa.ulaval.ca
Councillor	David L. Martell, University of Toronto, martell@smokey.forestry.utoronto.ca
Councillor	Surendra Rawat, Bell Canada and the University of Ottawa, rawatsk@post.bell.ca
Québec	Michel Goulet, Confédération des caisses Desjardins, (514) 493-0663 < <a href="http://www.fsa.ulaval.ca/dept/monade/scro/scro.html">http://www.fsa.ulaval.ca/dept/monade/scro/scro.html</a> >
Halifax	Evelyn W. Richards, University of New Brunswick, ewr@unb.ca
SW Ontario	Shailendra Jha, Wilfred Laurier University, sjha@mach1.wlu.ca
Ottawa / Hull	François Julien, University of Ottawa, julien@admin.uottawa.ca
Winnipeg	A. S. Alfa, University of Manitoba, alfa@umanitoba.ca
Vancouver	Nadine Hofmann, University of British Columbia, nadine.hofmann@ubc.ca
Toronto	Marvin Mandelbaum, York University, mandel@yorku.ca
Calgary	Jaydeep Balakrishnan, University of Calgary, balakris@mgmt.ucalgary.ca
Edmonton	Erhan Erkut, University of Alberta, erhan.erkut@ualberta.ca
Kingston	Bill Hurley, Royal Military College, hurley-m@rmc.ca
Saskatoon	Winfried Grassman, University of Saskatchewan, grassman@cs.usask.ca < <a href="http://www.engr.usask.ca/~kjk340/cors/corshome.htm">http://www.engr.usask.ca/~kjk340/cors/corshome.htm</a> >
Waterloo Student	Sean Kellington, University of Waterloo, sbkellin@uwaterloo.ca
Toronto Student	Allison Hewlitt, University of Toronto, hewlitt@mie.utoronto.ca

---

## Paolo Toth wins the Larnder!

Paolo Toth has been awarded the 1998 Harold Larnder Memorial Prize. The Prize, which is financed through the Harold Larnder Memorial Trust of the Canadian Operational Research Society, is awarded annually to individuals who have achieved international distinction in Operational Research.

Dr. Toth is a Professor of Operations Research and Optimization Algorithms at the University of Bologna. His current research interests include Operational Research methodologies and, in particular, the study of Combinatorial Optimization, Graph Theory and Transportation problems. He has published over 60 papers in international journals, has published and edited books for the Wiley-Interscience Series in Discrete Mathematics and for the Annals of Operations Research. He is Co-Editor of the Software Section of Discrete Applied Mathematics and Associate Editor of the European Journal of Operational Research, Transportation Science, Foundations of Computing and Decision Sciences, Belgian Journal of Operations Research, Statistics and Computer Science, Journal of Heuristics, and Operations Research. Dr. Toth is also Past President of EURO and Chairman of the Program Committee of the Triennial IFORS Conference 1999.

Dr. Toth will deliver the Harold Larnder Memorial Lecture at the INFORMS / SCRO - CORS meeting in Montréal, on April 28 at 11:30 a.m. in the Marquette Room.

( For more on Dr. Toth see <<http://promet4.deis.unibo.it/toth.html>> and for more on the Larnder Prize see <<http://www.cors.ca/handbook/awards/larnder.htm>> . )

## Paolo Toth reçoit le Larnder !

Le prix Harold Larnder a été décerné à Paolo Toth. Ce prix, financé par le Harold Larnder Memorial Fund de la Société canadienne de recherche opérationnelle, est remis chaque année à un scientifique qui s'est distingué sur la scène internationale par sa contribution à la recherche opérationnelle. Dr Toth prononcera la Conférence Harold Larnder au Congrès INFORMS /SCRO-CORS à Montréal, le 28 avril à 11h30, dans la salle Marquette.

Dr Toth enseigne la recherche opérationnelle et les algorithmes d'optimisation à l'Université de Bologne. Ses intérêts de recherche actuels incluent les méthodologies de recherche opérationnelle, notamment l'étude de l'optimisation combinatoire, la théorie des graphes et les problèmes de transport. Il a publié plus de 60 articles dans des revues internationales, il a publié et édité des ouvrages pour la Wiley-Interscience Series in Discrete Mathematics et pour Annals of Operations Research. Il est corédacteur de la section sur les logiciels de Discrete Applied Mathematics et rédacteur associé des revues European Journal of Operational Research, Transportation Science, Foundations of Computing and Decision Sciences, Belgian Journal of Operations Research, Statistic and Computer Science, Journal of Heuristics et Operations Research. Dr. Toth a également été président de EURO et il dirige le comité de programme du Congrès triennal de IFORS 1999.

( Vous trouverez de plus amples renseignements sur Dr Toth à l'adresse suivante : <<http://promet4.deis.unibo.it/toth.html>>. Pour en savoir plus long sur le prix Larnder, consultez le site <<http://www.cors.ca/handbook/awards/larnder.htm>> . )

## CORS Events at the Montreal Conference

The 1997/98 CORS National Conference is being held jointly with the INFORMS Spring 1998 Meeting. This meeting is in Montreal from Monday, April 27 to Wednesday, April 28. The following list is to help you locate the CORS events.

### Council Meetings

There are two Council Meetings during the Conference. The Last Meeting of the 1997/98 Council is on Monday, April 27 and the First Meeting of the 1998/99 Council is on Wednesday, April 29. Both meetings will take place from 12:00 p.m. - 1:30 p.m in Studio 374 of the Queen Elizabeth Hotel. Lunch is provided. Council includes one representative, usually the president, from each local section. If you are going to be at the conference, and wish to represent your section at the Council meetings, please contact the president of your section (contact information is on Page 3).

### Annual General Meeting / Awards Ceremony / Reception.

All CORS members are invited to attend these three events which begin at 3:15 p.m. and finish at 6:30 p.m. They are held in the Marquette Room of the Queen Elizabeth Hotel. If you are going to attend, please advise with an e-mail to rcaron@uwindsor.ca so that we can provide a good estimate the number of attendees.

**The Harold Larnder Memorial Lecture.** This is the most prestigious award given by CORS. This year's winner is Dr. Paolo Toth (see page 4). The lecture will be given at 11:30 a.m. in the Marquette Room of the Queen Elizabeth Hotel. Arrive early to get a good seat for this well attended event.

**The Practice Prize Competition.** This session is scheduled as MC13 and is held from 1:00 p.m. to 2:30p.m. in the St. Maurice Room of the Queen Elizabeth Hotel. The finalists are:

- 1:00 to 1:30: "Maintenance Scheduling of Rolling Stock Using a Genetic Algorithm", Chelliah Srisankandarajah, Andrew K.S. Jardine and C.K. Chan.
- 1:30 to 2:00: " End-User Modeling Improves R&D Management at AgrEvo Canada Inc.", Calvin Sonntag and Thomas A. Grossman.
- 2:00 to 2:30: " TransAlta Redesigns Its Service Delivery Network ", E. Erkut, T. Myroon and K. Strangway.

**The Student Prize Session.** This session is scheduled as ME13 and is held from 4:30p.m. - 6:00 p.m. in the St. Maurice Room of the Queen Elizabeth Hotel. The papers to be presented are:

- Winner of the Undergraduate Competition - Jay Baraniecki, Chris Neuman and Laura Morrison, "Delivering Results in the Pizza Industry".
- Honourable Mention in the Open Competition - John T. Blake and Michael W. Carter, "A Goal Programming Approach to Strategic Resource Allocation in Acute Care Hospitals"
- Winner in the Open Competition - Moren Lévesque and Kenneth R. MacCrimmon, "On the Interaction of Time and Money Invested in New Ventures"

## Activités de la SCRO au congrès annuel

Cette année, le congrès annuel de la SCRO se tiendra conjointement avec le congrès d'INFORMS à Montréal, du 26 au 29 avril 1998. Le présent article dresse la liste des activités de la SCRO durant le congrès.

### Réunions du Conseil

Le Conseil national se réunira à deux reprises. La dernière réunion du Conseil de 1997-1998 aura lieu le lundi 27 avril et la première réunion du Conseil de 1998-1999, le mercredi 29 avril. Les deux rencontres se feront au Studio 374 du Reine Élisabeth, de 12h à 13h30. Un lunch sera servi. Nous vous rappelons que le Conseil comprend un représentant de chaque section locale, habituellement le président. Si vous prévoyez assister à la réunion et souhaitez représenter votre section, veuillez communiquer avec votre président (voir la liste des personnes-ressources à la page 3.)

### Assemblée générale annuelle / Remise de prix / Réception

Tous les membres de la SCRO sont conviés à ces trois événements qui, cette année, auront lieu successivement le mardi 28 avril de 15h15 à 18h30 au Salon Marquette du Reine Élisabeth. Si vous souhaitez y assister, veuillez envoyer un message électronique à cet effet à rcaron@uwindsor.ca afin de nous permettre de prévoir le nombre exact de participants.

### La Conférence Harold Larnder

Cette année, le prix Harold Larnder a été décerné à Dr. Paolo Toth de l'Université de Bologne (se reporter à la page 4). Il prononcera sa communication le mardi 28 avril de 11h30 à 12h30 au Salon Marquette du Reine Élisabeth. Comme il s'agit, avec le Prix du mérite, de l'un de nos deux prix les plus prestigieux, nous espérons vous voir en grand nombre à cette présentation.

### Session du Prix sur la pratique

La session du Prix sur la pratique, session MC13, aura lieu le lundi 27 avril, de 13h à 14h30. Les trois articles en lice sont :

- 13h00 à 13h30 : " Maintenance Scheduling of Rolling Stock Using a Genetic Algorithm ", Chelliah Sriskandarajah, Andrew K.S. Jardine et C.K. Chan.
- 13h30 à 14h00 : " End-User Modeling Improves R&D Management at AgrEvo Canada Inc. ", Calvin Sonntag et Thomas A. Grossman.
- 14h00 à 14h30 : " TransAlta Redesigns Its Service Delivery Network ", E. Erkut, T. Myroon et K. Strangway.

### Session du Concours du meilleur étudiant

La session du Concours du meilleur étudiant, session ME13, se tiendra le lundi 27 avril, de 16h30 à 18h.

- Les gagnants dans la catégorie des étudiants de premier cycle - Jay Baraniecki, Chris Neuman and Laura Morrison, "Delivering Results in the Pizza Industry".
- Mention Honorable - John T. Blake and Michael W. Carter, "A Goal Programming Approach to Strategic Resource Allocation in Acute Care Hospitals"
- Les gagnants - Moren Lévesque and Kenneth R. MacCrimmon, "On the Interaction of Time and Money Invested in New Ventures"

## Nominees for 1998/99 Council Positions

**Vice-President (President Elect): Laura Logan** has a Bachelor's and Master's of Applied Science from the University of Toronto. She studied Industrial Engineering, specializing in Operational Research. Laura has been with Air Canada since 1989. She started out working on designing new operational support information systems for the Airports and System Operations Control groups. From there she got into Business Process Redesign and Strategic Planning for many branches within the company. Since April 1996 Laura has been with the Technical Operations branch, assisting with the implementation of a structured strategic planning process, helping in the introduction of a High Performance Work Organization and doing business process redesign in various areas. Laura started with CORS as President of the Toronto Student Section from 1986 to 1989. She was a councillor and Secretary of the Toronto Section in the same period. From 1990 to 1997 Laura was the Secretary of the National Council and involved with the Montreal Section.

**Councillor: Nadine Hofmann** obtained a M.Sc. in Management Science from the University of British Columbia, B.C. in 1985. She has worked for Computing Services at UBC as a Numerical Analyst from 1986 to 1991 and as a Database Analyst and Developer from 1991 to the present. Her professional interests include simulation, inventory control and databases. Nadine has been a member of the CORS Vancouver Chapter since 1985 where she has held the positions of Program Chair, Publicity Chair and more recently President. She was also part of the organizing committee for the CORS/TIMS/ORSA International Conference of 1989 which was held in Vancouver.

**Councillor: Paul Comeau** is a Defence Scientist in the Operational Research Division of the Department of National Defence. He completed his B.Sc.(1984) – Hon. Math. Physics, B.Ed.(1984) – Math. at Simon Fraser University and his M.Math (1987) – Statistics at the University of Waterloo. Since joining DND in 1987, he has worked in the areas of naval, manpower, and transportation analysis at the tactical, operational and strategic levels. He was seconded as a maritime analyst at the NATO SHAPE Technical Centre in The Hague, The Netherlands from 1990 to 94. He returned to Canada as the OR Advisor to the Commander of Air Transport Group. He is now in the Directorate of Defence Analysis at National Defence Headquarters in Ottawa involved in departmental long term strategic planning. His research interests include applied mathematical programming, stochastic processes, and decision support systems. Mr Comeau was awarded the CORS Practice Prize in 1997. This year, he is co-chair for the competition.

**Secretary: Evelyn Richards** (Phd, Industrial Engineering, TUNS 1997; MA. BA, Mathematics, UNB). Her OR interests are in modelling and solving spatially referenced optimization problems, and in the use of metaheuristics such as Tabu Search. Evelyn is currently teaching in the Faculty of Forestry and Environmental Management, University of New Brunswick

**Treasurer: John Blake** is an Assistant Professor at DalTech. He finished his Ph.D. at the Department of Mechanical and Industrial Engineering at the University of Toronto in 1997. His research involves the application of operations research and management science to health care. John is particularly interested in case mix management in acute care hospitals and operating room scheduling. From 1988-1991, John was employed by General Motors as an industrial engineer, designing and analyzing automotive production processes. John is a member of the Association of Professional Engineers of Ontario, INFORMS, the Society for Health Systems, and an active member of the Canadian Operational Research Society. Mr. Blake has been the President of the Toronto Student Chapter of CORS and the activity coordinator for CORS Toronto Section and is the current Treasurer for CORS.

## **Society Fee Increases**

At the Annual General Meeting in Montreal, a discussion will take place on the issue of a dues increase. There is a proposal that the annual dues for members be increased from \$51.40 to \$70.09, plus applicable provincial and federal taxes; and that the annual dues for student members be increased from \$23.36 to \$32.71 plus applicable provincial and federal taxes. As in the past, the retiree's rate will be half the regular member's rate. If you want to make your views known, you can attend the AGM, or send an e-mail to the treasurer, Dr. John Blake.

## **Nouvelles de la Section étudiante de Toronto**

La Section étudiante de Toronto de la SCRO désire remercier Laura Logan qui a pris la parole devant un groupe d'étudiants en février dernier à l'University of Toronto. Laura a parlé du rôle important que jouent les applications de recherche opérationnelle chez Air Canada et des questions et problèmes courants qui doivent être résolus quotidiennement. Même si l'exposé avait lieu durant la semaine de lecture, il a attiré un grand nombre de participants. Depuis cette activité, plusieurs étudiants ont manifesté leur intérêt pour les domaines liés à la RO et sont devenus membres de la Section étudiante. Ils se joindront au groupe de neuf étudiants de l'University of Toronto qui assisteront prochainement au congrès à Montréal. *(Présenté par Allison Hewlitt, présidente de la Section.)*

## **News from the Toronto Student Section**

The Toronto Student Section would like to thank Laura Logan who spoke to a group of students last February at the University of Toronto. Laura spoke on the important role that Operational Research plays at Air Canada in dealing with current problems. In spite of her appearance during reading week, she attracted a large audience. After the meeting, many students indicated an interest in O.R., and expressed a desire to become members of the Society. They will join a group of nine other Toronto students who will attend the National Conference in Montreal. *(Submitted by Allison Hewlitt, Section President)*



## Nouveau rédacteur de la SCRO pour INFOR

À compter du 1<sup>er</sup> mai 1998, Michel Gendreau sera le nouveau rédacteur de la SCRO pour INFOR. Il remplira ces fonctions pendant les quatre prochaines années. Michel remplacera Wade Cook qui était en poste depuis août 1992 (volume 30, numéro 3). Avant Wade, le rédacteur était Gilbert Laporte. La Société tient à remercier Wade pour son excellent travail, en particulier sur les nombreux "numéros spéciaux". Bonne chance, Michel!

## A New CORS-Editor for INFOR

Effective May 1, 1998, Michel Gendreau will be the new CORS-Editor for INFOR. He will begin a four year term of Office. Michel replaces Wade Cook, who has been editor since August, 1992 (Volume 30, Number 1). Before Wade, the editor was Gilbert Laporte. The Society thanks Wade for his stewardship, and for his excellent work in the preparation of the popular "Special Issues". Good Luck, Michel.

## News from Ottawa

*(Submitted by Uma Kumar)*

On March 6, CORS and the Research Centre for Technology Management organized an Operations Research and Management of Technology Day at the School of Business, Carleton University. We had a very successful day with more than 42 registrants that included many Ottawa chapter CORS members. As you will note from the agenda below that the speakers came from government departments, industry and both Carleton University and University of Ottawa. Support was received from the CORS Travelling Speakers Programme to defray the travel expenses of Amrik Sohal, Wilfrid Laurier University. Speakers during the day included:

- Ken Hart, Industry Canada, "Canadian Science and Technology Policy"
- Stephan Pelletier, Nortel. "Gearing the Development Process towards Optimal Market Flexibility"
- Amrik Sohal, Monash University, Australia, "AMT and QM practices in Australian Manufacturing Industry"
- Francois Julien, University of Ottawa, "Using Pedagogy in/of Logistic Simulation to Assist in Teaching Operations Management"
- Jai Persaud, Natural Resources Canada, "Forecasting Technology in Oil and Gas Industry"

Congrès conjoint INFORMS / SCRO-CORS du printemps 1998

(40e Congrès annuel de la SCRO)

Montréal, Québec, du 26 au 29 avril 1998

« [www.crt.umontreal.ca/mtl98/](http://www.crt.umontreal.ca/mtl98/) »

**Continuous Global Optimization: A Personal Perspective****János D. Pintér**

Pintér Consulting Services (PCS) and  
Dalhousie University  
PCS: 129 Glenforest Drive  
Halifax, NS; Canada B3M 1J2  
+1-(902)-443-5910  
pinter@tuns.ca  
<http://www.tuns.ca/~pinter>

**1. ACTUALITY: GOP's ARE (ALMOST) UBIQUITOUS...**

During the Mathematical Programming Symposium in Lausanne (August 1997), I had a conversation with Arne Drud, a well-respected scientist, software developer and consultant. When asked about the occurrence of global optimization problems (GOP's) in his own practice, he said that for 90% of the nonlinear models the existence of one local solution is not known a priori. He also added that, in many cases, model nonlinearity is relatively mild, and that it is often restricted to a subgroup of decision variables. Further, he said that in certain cases, the problem structure and the modeller's expertise allows a search to start at a reasonable place so that a local solution that is found is "reasonable". His observations — together with the experience of many OR practitioners, engineers, and scientists — clearly show the relevance of the subject. It is also implied that the most traditional repertoire of continuous mathematical programming techniques (linear programming and convex nonlinear programming) can be applied to such problems only with caution, problem-specific expertise, good modelling skills — and, perhaps, with some luck...

It is not difficult to realize why nonlinear models are important. Man-made systems, primarily those related to engineering (manufacturing, distribution, etc.), often can be modelled quite well by using exclusively continuous linear objective and constraint functions. (In the present discussion, we are not including

**Un point de vue personnel sur l'optimisation globale continue****János D. Pintér**

Pintér Consulting Services (PCS) et  
Dalhousie University  
PCS : 129 Glenforest Drive  
Halifax, NS; Canada B3M 1J2  
+1-(902)-443-5910  
pinter@tuns.ca  
<http://www.tuns.ca/~pinter>

**1. Les problèmes d'optimisation globale sont omniprésents (ou presque)**

Dans le cadre du Symposium de programmation mathématique de Lausanne (août 1997), j'ai eu l'occasion de m'entretenir avec Arne Drud, un scientifique, développeur de logiciels et consultant réputé. Lorsque je l'ai interrogé sur la fréquence des problèmes d'optimisation globale dans ses travaux, il m'a répondu que 90 pour cent des modèles non linéaires analysés comportaient des optima multiples, ce qui en faisait des problèmes d'optimisation globale. Il a aussi ajouté que dans de nombreux cas, la non-linéarité des modèles était assez faible et souvent limitée à un sous-groupe de variables de décision. Il a ensuite poursuivi en disant qu'il arrivait parfois que la structure du problème et la compétence du modélisateur permettent une exploration du problème grâce à laquelle on peut éviter les pièges des optima locaux. Ses observations ainsi que l'expérience de nombreux professionnels en RO, ingénieurs et scientifiques illustrent clairement la pertinence de ce sujet. Bien sûr, lorsqu'on applique des techniques de programmation mathématique traditionnelles (programmation linéaire et programmation non linéaire convexe) à de tels problèmes, il faut faire preuve de prudence, d'une expertise spécifique aux problèmes, de bonnes techniques de modélisation, et, peut-être aussi, d'une certaine dose de chance. . .

Il n'est pas difficile de comprendre pourquoi les modèles non linéaires sont importants. Souvent, on arrive à modéliser assez bien les systèmes créés par l'homme, surtout ceux

associés à l'ingénierie (fabrication, distribution, etc.) en utilisant exclusivement des fonctions

models that include integer variables as they typically lead to problems that are much closer to the spirit of GO.) If one attempts, however, the analysis of natural — i.e., physical, chemical, biological, environmental, or even economic and societal— systems and their governing processes, then nonlinear functions start to play a significant role in the description. As a simple example, one may think of the most prominent (analytical) function forms in physics: probably, polynomials, power functions, the exponential-logarithmic pair and trigonometric functions come to mind first. For more sophisticated examples, one may think of natural phenomena and processes extensively discussed in textbooks on the fractal nature of the Universe. Perhaps more poetically (or simply), one can look at stones on the beach, watch the branches of a tree, wild flowers in a meadow, a range of rocky mountains, turbulent water flow in a stream, or patches of clouds in the sky... All these natural objects certainly show pronounced nonlinearity. Hence, it comes as no surprise that prescriptive (management) models that attempt to describe and optimize the behaviour of inherently nonlinear natural systems may very well lead to multiextremal decision problems.

GO is, arguably, the most challenging part of continuous nonlinear programming. The number of local (pseudo)solutions in a GOP is typically unknown and is often quite large. Furthermore, the quality of the various local and global solutions may differ significantly. GOP's, hence, can be very difficult; most classical (local search based) numerical approaches are — generally speaking — not directly applicable.

Recognizing the apparent need for GO methodology, sporadic work has been devoted to the study of GO models and strategies since the late fifties. In the mid-to late seventies, obvious and not so obvious heuristic methods were suggested. As well, attempts were made to extend convergent univariate algorithms to higher (say, 2,3,...) dimensions. For quite some

économiques linéaires et des contraintes continues. Dans le présent exposé, nous ne traitons pas des modèles qui comportent des variables en nombres entiers puisqu'en général, ils engendrent des problèmes qui se rapprochent beaucoup plus de l'optimisation globale.) Toutefois, si on tente d'analyser les systèmes naturels, c'est-à-dire physiques, chimiques, biologiques, environnementaux ou même économiques et sociétaux, ainsi que les principes qui les gouvernent, alors les fonctions non linéaires commencent à jouer un rôle déterminant dans leur représentation. À titre d'exemple, on peut penser aux formes les plus importantes en physique : on songera probablement en premier lieu aux polynômes, aux fonctions puissance, à la paire exponentielle et logarithmique et aux fonctions trigonométriques. Si l'on veut examiner des exemples plus complexes, on peut considérer les phénomènes et les processus naturels dont on parle abondamment dans les ouvrages sur la dimension fractale de l'univers. Sur un plan peut-être plus poétique (ou plus simple), il suffit de regarder les galets sur une plage, les branches d'un arbre, les fleurs sauvages dans une prairie, une chaîne de montagnes, l'eau agitée d'un ruisseau, ou des bandes de nuages dans le ciel... Tous ces éléments naturels présentent une non-linéarité marquée. Par conséquent, il n'est pas étonnant de constater que les modèles (de gestion) qui essaient de décrire et d'optimiser le comportement de systèmes fondamentalement non linéaires peuvent mener à des problèmes de décision présentant plusieurs extrêmes.

On peut dire que l'optimisation globale est le volet de la programmation non linéaire continue qui représente le plus grand défi. Le nombre de (pseudo)solutions locales dans un problème d'optimisation globale est habituellement inconnu et souvent assez important. En outre, la qualité des diverses solutions locales et globales peut varier considérablement. Ainsi, les problèmes d'optimisation globale peuvent se révéler très difficiles, étant donné qu'il est généralement impossible d'appliquer directement la majorité

des approches numériques classiques (fondées sur une recherche locale).

Depuis la fin des années cinquante, on a reconnu qu'il fallait développer une méthodologie d'optimisation globale et des travaux consacrés à l'étude de modèles et de stratégies d'optimisation

time, there was only modest success. I remember reading the pioneering collections of papers (Dixon and Szegö, 1975, 1978) shortly after they were published. I was fascinated by the subject, and tried to explore the pros and cons of (and connections among) the potpourri of approaches that were presented.

Since then, the development of mathematical programming theory, as well as the rapidly increasing computational power has led to significant advances in GO related modelling, algorithms, and real-world applications. As of 1998, one can find probably some fifty books, a scientific journal (and some closely related others), thousands of research articles, and several informative WWW sites devoted to the subject. Just as important, there are also numerous other studies that refer to the need of GO methodology. At the end of this brief review article, a few pointers leading to more detailed technical information are provided.

## 2. MODEL TYPES

To enable a slightly more formal discussion, we shall consider GOP's in the following general form:

- (1)  $\min f(x)$   
subject to  $x \in D \subset R^n$
- (2)  $D = \{ x \in R^n ; l \leq x \leq u ;$   
 $g_j(x) \leq 0, j=1, \dots, J \}$

The relations (1)-(2) model a constrained optimization problem defined by the following components:

- $x$  vector of decision variables
- $f$  objective function
- $D$  (non-empty) set of admissible decisions
- $g_j$  constraint functions; their collection will be denoted by  $g$
- $l, u$  explicit bounds defining an embedding box in  $R^n$

globale ont été entrepris ici et là. Dans la seconde moitié des années soixante-dix, des méthodes heuristiques, certaines évidentes, d'autres moins, ont été proposées. On a aussi tenté d'appliquer des algorithmes unidimensionnels convergents à des dimensions plus élevées (2, 3...). Assez longtemps, les résultats obtenus ont été plutôt modestes. Je me rappelle avoir lu les articles tout à fait novateurs de Dixon et Szegö, 1975, 1978, peu de temps après leur publication. J'étais fasciné par le sujet et j'ai exploré les diverses approches présentées ainsi que les liens entre elles.

Depuis, le développement de la théorie de la programmation mathématique et l'augmentation rapide de la puissance de calcul ont permis de réaliser des progrès considérables en ce qui trait à la modélisation et aux algorithmes de l'optimisation globale de même qu'à leur application à des problèmes réels. Aujourd'hui, on peut trouver une cinquantaine d'ouvrages, une revue scientifique (et plusieurs autres assez étroitement liées), des milliers d'articles de recherche et plusieurs sites Web instructifs consacrés à ce sujet. Il est également important de noter que plusieurs autres études soulignent la pertinence d'une méthodologie d'optimisation globale. Le lecteur trouvera à la fin de ce bref survol quelques références le renvoyant à une information technique plus détaillée.

## 2. Types de modèles

Pour permettre une discussion un peu plus rigoureuse, nous considérerons les problèmes d'optimisation globale sous la forme générale de :

- (1)  $\min f(x)$   
sous la contrainte  $x \in D \subset R^n$
- (2)  $D = \{ x \in R^n ; l \leq x \leq u ;$   
 $g_j(x) \leq 0, j=1, \dots, J \}$

Les relations (1)-(2) définissent un problème d'optimisation sous contraintes dont les éléments sont :

- $x$  vecteur des variables de décision
- $f$  fonction économique
- $D$  ensemble (non vide) de décisions admissibles
- $g_j$  fonctions de contrainte; elles seront dénotées collectivement par  $g$
- $l, u$  bornes explicites définissant un enclassement dans  $R^n$

One can immediately observe that if all functions are continuous, then (by the classical theorem of Weierstrass) the optimal solution set to (1)-(2) is non-empty. As an added technical note, equality constraints can also be incorporated in the above model. For reasons of more straightforward computational tractability, however, we shall assume that  $D$  is a 'body' in  $R^n$  (i.e., it is the closure of its non-empty interior).

To illustrate this paradigm by just one prominent example which often leads to a corresponding GOP, one may think of a model fitting (calibration) problem arising from, say, chemical engineering practice. In this problem setting,  $x$  denotes the model parameters to be selected; their lower and upper bounds  $l$  and  $u$  typically come from physical and practical considerations. Further, the values of certain model functions ( $f$  and/or  $g$ ) may be determined by completing a sequence of side-calculations. Note that the latter may also include stand-alone ('black box') operations such as the execution of a simulation model, or the solution of a set of differential equations, etc. The objective function  $f$  expresses the overall suitability of the model fit (comparing model outcome with the available measurements), while the constraints  $g$  represent added restrictions concerning admissible model parameterizations. For reasons outlined above, it is obvious that

even the explicit functional form of  $f$  and/or  $g$  may not be known. Therefore it is advisable to make only minimal *a priori* assumptions (for example, continuity of  $f$  and  $g$ , if warranted) and rely only on those—unless other specific structural properties can be directly postulated or verified. (Note in this context that several environmental model calibration case studies leading to GOP's—together with other practical examples and an extensive list of references—are discussed by Pintér, 1996a.)

Various classifications of GO models are given in most textbooks devoted to this

On observe immédiatement que si toutes les fonctions sont continues, alors l'ensemble des solutions optimales (selon le théorème classique de Weierstrass) pour (1)-(2) n'est pas vide. D'un point de vue technique, ajoutons qu'on peut aussi incorporer des contraintes d'égalité dans le modèle ci-dessus. Cependant, à des fins de tractabilité computationnelle, nous ferons l'hypothèse que  $D$  est la fermeture de son intérieur non vide dans  $R^n$ .

Pour illustrer ce paradigme à l'aide d'un seul exemple engendrant souvent un problème d'optimisation globale correspondant, on peut penser à un problème d'ajustement (de calibrage) d'un modèle issu, par exemple, du secteur de l'ingénierie chimique. Dans le contexte de ce problème,  $x$  dénote les paramètres du modèle à choisir; leurs bornes  $l$  et  $u$  sont établies en fonction de considérations physiques et pratiques. De plus, on peut déterminer les valeurs de certaines fonctions du modèle ( $f$  ou  $g$ ) en effectuant une série de calculs périphériques. Notons que ces derniers peuvent aussi inclure des opérations indépendantes ("boîte noire") comme l'exécution d'un modèle de simulation ou la résolution d'un ensemble d'équations différentielles, etc. La fonction économique  $f$  exprime la congruence globale de l'ajustement du modèle (en comparant les résultats du modèle avec les mesures disponibles), alors que les contraintes  $g$  représentent des restrictions supplémentaires en ce qui a trait aux paramétrisations admissibles du modèle. Pour toutes ces raisons, il est clair que même la forme fonctionnelle de  $f$  ou de  $g$  peut ne pas être connue explicitement. Par conséquent, il

est plus prudent de poser des hypothèses *a priori* minimales (par exemple, la continuité de  $f$  et de  $g$ , si cela est justifié) et de ne se baser que sur elles — à défaut de pouvoir postuler ou vérifier directement d'autres propriétés structurelles spécifiques. (À cet égard, on peut trouver dans Pintér, 1996a plusieurs études de cas de calibrage de modèles environnementaux aboutissant à des problèmes d'optimisation globale ainsi que d'autres exemples pratiques et une liste détaillée de références.)

Diverses classifications des modèles d'optimisation globale sont fournies dans la majorité des manuels consacrés à ce sujet; vous

<p>subject: see, for instance, Horst and Pardalos (1995). Without going into much detail, an alphabetical listing of some of the most frequently applied models is provided below, in terms of specifying the properties of the model components in (1)-(2). For more on the technical terminology, the Reader is referred to general mathematical programming and GO textbooks; or to the very informative WWW sites of Greenberg (1998) and Neumaier (1998).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• BP - Bilinear / biconvex programming (<math>f</math> is bilinear or biconvex; <math>D</math> is convex)</li> <li>• CO - Combinatorial optimization (note that a typical integer optimization problem can be rewritten, as an equivalent continuous GO model)</li> <li>• CM - Concave minimization (<math>f</math> is concave; <math>D</math> is convex)</li> <li>• CGO - Continuous global optimization (<math>f</math> and the components of <math>g</math> are merely continuous; hence, <math>D</math> and/or <math>f</math> may be nonconvex)</li> <li>• CP - Complementarity problems (linear/nonlinear versions; <math>f</math> is the scalar product of two vector functions; <math>D</math> is typically convex)</li> <li>• DC - Differential convex programming (<math>f</math> and each component of <math>g</math> can be represented as the difference of two suitable corresponding convex functions)</li> <li>• FP - Fractional programming (<math>f</math> is the ratio of two continuous functions; <math>D</math> is convex)</li> <li>• LGO - Lipschitz global optimization (<math>f</math> and the components of <math>g</math> are Lipschitz-continuous; hence, <math>D</math> and/or <math>f</math> may be nonconvex)</li> <li>• MM - Minimax / maximin problems (<math>f</math> is the resulting nonconvex objective function; <math>D</math> is usually convex)</li> <li>• MO - Multilevel optimization (e.g., in modelling non-cooperative games, involving hierarchies of decision-makers; <math>f</math> is an aggregate objective function; <math>D</math> is usually convex)</li> <li>• MP - Multiplicative programming (<math>f</math> is the product of several convex functions; the components of <math>g</math> are convex, or general multiplicative</li> </ul>	<p>pouvez vous reporter notamment aux travaux de Horst et Pardalos (1995). Voici une liste alphabétique de quelques-uns des modèles les plus fréquemment utilisés qui précise les propriétés des éléments du modèle dans (1)-(2). Pour plus d'information sur la terminologie technique, le lecteur peut consulter des ouvrages généraux sur la programmation mathématique et sur l'optimisation globale ou les sites Web très instructifs de Greenberg (1998) et Neumaier (1998).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• DC - Programmation différentielle convexe (on peut représenter <math>f</math> et chaque élément de <math>g</math> comme la différence de deux fonctions convexes correspondantes appropriées)</li> <li>• MC - Minimisation concave (<math>f</math> est concave; <math>D</math> est convexe)</li> <li>• MM – Problèmes de minimax / maximin (<math>f</math> est la fonction économique non convexe obtenue; <math>D</math> est généralement convexe)</li> <li>• OC - Optimisation combinatoire (on peut reformuler un problème type d'optimisation en nombres entiers sous la forme d'un modèle d'optimisation globale continue équivalent)</li> <li>• OGC - Optimisation globale continue (<math>f</math> et les éléments de <math>g</math> sont seulement continus; par conséquent, <math>D</math> ou <math>f</math> peuvent ne pas être convexes)</li> <li>• OGD - Problèmes d'optimisation globale distincte (<math>f</math> est une fonction distincte non convexe appropriée; <math>D</math> est généralement convexe)</li> <li>• OGL - Optimisation globale lipschitzienne (<math>f</math> et les éléments de <math>g</math> sont des fonctions Lipschitz-continues; par conséquent, <math>D</math> ou <math>f</math> peuvent ne pas être convexes)</li> <li>• OM - Optimisation multiniveau (par exemple, dans la modélisation de jeux non coopératifs qui comportent des hiérarchies de décideurs; <math>f</math> est une fonction économique agrégée; <math>D</math> est généralement convexe)</li> <li>• OQ - Optimisation quadratique (<math>f</math> et éventuellement aussi les éléments de <math>g</math> sont des fonctions quadratiques indéfinies)</li> <li>• PB - Programmation bilinéaire /</li> </ul>
--	---

<p>functions)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• NP - Network problems (<math>f</math> is nonconvex; the components of <math>g</math> are mostly linear or convex)</li> <li>• PP - Parametric nonconvex programming (<math>f</math> and/or <math>g</math> depend on a parameter vector)</li> <li>• QP - Quadratic optimization (<math>f</math>—and possibly also the components of <math>g</math>—are indefinite quadratic functions)</li> <li>• RCP - Reverse convex programming (at least one of the function components of <math>g</math> expresses a reverse convex constraint)</li> <li>• SGO - Separable GO problems (<math>f</math> is a suitable nonconvex, separable function; <math>D</math> is typically convex)</li> <li>• SP - nonconvex stochastic programming models in which <math>f</math> and/or <math>g</math> depend on random factors (possibly in a 'black box' fashion as outlined above)</li> </ul> <p>One can observe that the models listed are not mutually exclusive; in fact, some of them are hierarchically related. Specifically, it can be shown that <math>CM \subset DC \subset LGO \subset CGO</math>, and that these four model types jointly cover all of the other, more special, models listed above. (For instance, <math>QP \subset DC</math>.)</p> <p><b>3. SOLUTION APPROACHES</b></p> <p>To solve the GOP (1)-(2), in a strict mathematical sense, means to find the complete set of globally optimal solutions <math>X^*</math>, and the associated global optimum value <math>f^*=f(x^*)</math>. In most cases—at least in the realm of continuous GO—we need to replace this 'ambitious' objective by finding a verified estimate (ideally, both upper and lower bounds) of <math>f^*</math>, and corresponding approximation(s) of points from the set <math>X^*</math>. Again, for reasons of analytical tractability, we mostly assume that <math>X^*</math> is, at most, countable. Note that in many practical contexts the set of (global) optimizers consists only of a single point, or of several points.</p> <p>Looking at the above list of models, one can see that it includes some very well-structured model types (e.g., a</p>	<p>biconvexe (<math>f</math> est bilinéaire ou biconvexe; <math>D</math> est convexe)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• PC - Problèmes de complémentarité (versions linéaire et non linéaire; <math>f</math> est le produit scalaire de deux fonctions vectorielles; <math>D</math> est généralement convexe)</li> <li>• PCI - Programmation convexe inverse (au moins un des éléments fonctionnels de <math>g</math> exprime une contrainte convexe inverse)</li> <li>• PF - Programmation fractionnaire (<math>f</math> est le rapport de deux fonctions continues; <math>D</math> est convexe)</li> <li>• PM - Programmation multiplicative (<math>f</math> est le produit de plusieurs fonctions convexes; les éléments de <math>g</math> sont convexes, ou ils sont des fonctions multiplicatives générales)</li> <li>• PP - Programmation non convexe paramétrique (<math>f</math> ou <math>g</math> dépendent d'un vecteur de paramètres)</li> <li>• PR - Problèmes de réseau (<math>f</math> est non convexe; les éléments de <math>g</math> sont majoritairement linéaires ou convexes)</li> <li>• PS - Modèles de programmation stochastique non convexe dans lesquels <math>f</math> ou <math>g</math> dépendent de facteurs aléatoires (peut-être à la manière d'une boîte noire, tel qu'il est indiqué ci-dessus)</li> </ul> <p>On constate que les modèles mentionnés ne s'excluent pas l'un l'autre; en fait, certains sont liés hiérarchiquement. On peut démontrer que <math>MC \subset DC \subset OGL \subset OGC</math> et que ces quatre types de modèles mis ensemble englobent tous les autres modèles, plus spécifiques, présentés ici. (Par exemple, <math>OQ \subset DC</math>.)</p> <p><b>3. Méthodes de résolution</b></p> <p>Au sens strictement mathématique, résoudre le problème d'optimisation globale (1)-(2) signifie trouver l'ensemble complet de solutions optimales globales <math>X^*</math> et la valeur de l'optimum global <math>f^*=f(x^*)</math> qui lui est associée. Dans la plupart des cas, en optimisation globale continue, on doit remplacer cet objectif "ambitieux" en établissant une estimation qualifiée (par des bornes supérieure et inférieure) de <math>f^*</math>, et l'approximation ou les approximations correspondantes des points provenant de l'ensemble <math>X^*</math>. De nouveau, à des fins de tractabilité analytique, on posera</p>
--	---

concave minimization problem under linear or convex constraints) as well as more general models (e.g., differential convex, Lipschitz, or continuous GOP's). Hence, we can reasonably expect that the corresponding solution approaches will also vary to a considerable extent. On one hand, a very general search strategy should work for many cases, although its efficiency might be low for specialized problems. On the other hand, strictly specialized solvers will not work, as a rule, for problem classes outside their scope.

Again, only a non-technical, annotated classification of GO methods is provided here. For more details, consult several of the GO textbooks and WWW sites listed in the references.

#### EXACT METHODS

- 'Naïve' approaches  
Passive (simultaneous) grid search, and passive (pure) random search. Note that these are obviously convergent under mild assumptions, but are truly 'hopeless' in higher (already, say, 3,4,5,...) dimensional problems.
- Enumerative strategies  
These are based upon a complete (streamlined) enumeration of the possible solutions. They are applicable to combinatorial problems, or to certain well-structured continuous GOP's (e.g., concave programming).
- Homotopy (parameter continuation), trajectory methods and related approaches  
These methods have the 'ambitious' objective of visiting (enumerating) all stationary points of the objective function  $f$  (within  $D$ ). This leads to the list of all—global as well as local—optima.  
Applicable to smooth GO problems.
- Relaxation (outer approximation) strategies  
The GOP is replaced by a sequence of relaxed subproblems which are easier to solve. Successive refinement of subproblems to approximate initial problem is applied; cutting planes, more general cuts, diverse minorant

l'hypothèse que  $X^*$  est au plus dénombrable. Il faut noter que dans bon nombre de contextes pratiques, l'ensemble d'optima (globaux) n'est constitué que d'un seul point, ou de plusieurs points.

En examinant la liste des modèles ci-dessus, on constate qu'elle comprend des types de modèles très bien structurés (ex. un problème de minimisation concave sous des contraintes linéaires ou convexes) de même que des modèles plus généraux (ex. programmation différentielle convexe, optimisation lipschitzienne ou problèmes d'optimisation globale continus). Par conséquent, on peut raisonnablement en déduire que les méthodes de résolution correspondantes varieront dans une très large mesure. D'une part, une méthode de recherche très générale devrait fonctionner dans de nombreux cas, bien que son efficacité puisse être faible pour des problèmes spécifiques. D'autre part, certains solutionneurs spécialisés ne fonctionneront pas en principe pour des catégories de problèmes hors de leur champ d'application.

Nous n'avons donné ici qu'une classification annotée non technique des méthodes d'optimisation globale. Pour plus de détails, veuillez consulter les manuels et les sites Web sur l'optimisation globale cités en référence.

#### MÉTHODES EXACTES

- Approches "naïves"  
Recherche passive sur treillis (simultanée) et recherche passive aléatoire (pure). Ces méthodes sont bien évidemment convergentes pour des hypothèses faibles, mais elles sont tout à fait inutilisables pour des problèmes de dimension plus élevée (déjà, disons, à 3,4,5...).
- Stratégies d'énumération  
Ces méthodes sont fondées sur une énumération complète (exhaustive) des solutions possibles. Elles s'appliquent aux problèmes combinatoires ou à certains problèmes d'optimisation globale continus bien structurés (par exemple, en programmation concave).
- Homotopie, méthodes de trajectoire et approches connexes  
Ces méthodes ont pour objectif "ambitieux" de visiter (dénombrer) tous les points stationnaires de la fonction économique  $f$  (à l'intérieur de  $D$ ). On obtient ainsi la liste de



<p>constructions, etc. are also possible. Applicable to diverse structured GO problems (e.g. concave minimization, DC problems).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Branch and bound algorithms                      Adaptive partition, sampling, and bounding procedures, similar in spirit to known integer linear programming methodology. This approach subsumes many specific cases, and allows for significant generalizations. Applicable to diverse structured GO problems (e.g., concave minimization, reverse convex programs, DC programming, Lipschitz optimization).</li> <li>• Bayesian search algorithms                      Stochastic function class models; estimation and update of problem-instance characteristics; myopic approximate decisions govern the search procedure. Applicable also to (merely) continuous GO problems.</li> <li>• Adaptive stochastic search methods</li> </ul> <p>Random sampling based search; parameter adjustment, clustering, and deterministic solution refinement options, statistical stopping rules, etc. can be added as enhancements. Applicable to both discrete and continuous GOP's under very general conditions.</p> <p><u>Heuristic Methods</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 'Globalized' extensions of local search methods                      A preliminary (grid search or random search) global search phase, followed by local search. Applicable to smooth GO problems (differentiability is usually postulated for sake of the local search component).</li> <li>• Genetic algorithms, evolution strategies                      These heuristically 'mimic' biological evolution models; deterministic and stochastic variants (based on diverse evolution 'game rules') can be constructed. Applicable to discrete and continuous GOP's under mild structural</li> </ul>	<p>tous les optima, tant globaux que locaux. S'appliquent aux problèmes d'optimisation globale lisses.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Stratégies de relaxation (approximation externe)                      On remplace le problème d'optimisation globale par une séquence de sous-problèmes relaxés qui sont plus faciles à résoudre. On raffine successivement les sous-problèmes pour s'approcher du problème initial; des plans de coupures, des coupes plus générales ou diverses constructions de minorants, etc. sont aussi envisageables. S'appliquent à divers problèmes d'optimisation globale structurés (par exemple, la minimisation concave, les problèmes de programmation différentielle convexe).</li> <li>• Algorithmes "branch and bound"                      Procédures de partition adaptative, d'échantillonnage et de bornes, similaires aux méthodes de programmation linéaire en</li> </ul> <p>nombre entiers connues. Cette approche subsume beaucoup de cas particuliers et permet des généralisations importantes. S'appliquent à différents problèmes d'optimisation globale structurés (par exemple, à la minimisation concave, aux programmes convexes inverses, à la programmation différentielle convexe, à l'optimisation lipschitzienne).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Algorithmes de recherche bayésienne                      Modèles de classes de fonctions stochastiques; estimation et mise à jour des caractéristiques des instances; des décisions approximatives à courte vue régissent la procédure de recherche. S'appliquent également (ou exclusivement) aux problèmes d'optimisation globale continus.</li> <li>• Méthodes adaptatives de recherche stochastique                      Recherche fondée sur un échantillonnage aléatoire; on peut y ajouter des options de raffinement comme l'estimation progressive de paramètres, la technique de regroupement et une solution déterministe ainsi que des règles d'arrêt statistiques, etc. S'appliquent aux problèmes d'optimisation globale discrets et continus dans des conditions très générales.</li> </ul> <p><u>MÉTHODES HEURISTIQUES</u></p>
--	--

<p>requirements.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Simulated annealing                  These techniques are based upon the physical analogy of cooling crystal structures that spontaneously attempt to arrive at a stable (globally or locally minimal potential energy) configuration. Applicable to discrete and continuous GOP's under mild structural requirements.</li> <li>• Tabu search                  The essential idea is to 'forbid' search moves to points already visited in the (usually discrete) search space, at least for the upcoming few steps. Tabu search has traditionally been used to solve combinatorial optimization problems, but it can be extended to the continuous case.</li> <li>• Approximate convex underestimation                  This strategy attempts to estimate the (large-scale, overall) convexity characteristics of the objective function based on directed sampling in <i>D</i>. Applicable to smooth GO problems.</li> </ul> <p><u>CONTINUATION METHODS</u></p> <p>These first transform the objective function into a more smooth ('simpler') function with fewer local minimizers, and then use a local minimization procedure to trace the minimizers back to the original function. Applicable to smooth GOP's.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sequential improvement of local optima (tunneling, deflation, filled functions etc.)                  These usually operate on adaptively constructed auxiliary functions, to assist the search for gradually better optima. Applicable to smooth GO problems</li> </ul> <p>Note that certain overlaps exist among the categories listed; algorithm (search</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prolongements " globalisés " des méthodes de recherche locale                  Phase de recherche globale préliminaire (recherche sur treillis ou aléatoire), suivie d'une recherche locale. S'appliquent aux problèmes d'optimisation globale lisses (on fait l'hypothèse de dérivabilité aux fins de la recherche locale).</li> <li>• Algorithmes génétiques, stratégies évolutives                  Ces méthodes " imitent " d'un point de vue heuristique les modèles d'évolution biologique; on peut construire des variantes déterministes et stochastiques (basées sur diverses " règles de jeu " de l'évolution). S'appliquent aux problèmes d'optimisation globale discrets et continus dans des conditions structurelles faibles.</li> <li>• Recuit simulé                  Ces techniques sont fondées sur l'analogie physique du refroidissement des structures cristallines qui tentent spontanément d'atteindre une configuration stable (énergie potentielle minimale globalement ou localement). S'appliquent aux problèmes d'optimisation globale discrets et continus dans des conditions structurelles faibles.</li> <li>• Recherche avec tabous                  Le principe fondamental de cette méthode consiste à " interdire " à la recherche de se diriger vers des points déjà visités dans l'espace de recherche (généralement discret), du moins dans les quelques étapes qui suivent. Habituellement, la recherche avec tabous est utilisée pour résoudre des problèmes d'optimisation combinatoires, mais on peut l'adapter au cas continu.</li> <li>• Sous-estimation convexe approximative                  Cette stratégie tente d'estimer les caractéristiques de convexité (globales, sur une grande échelle) de la fonction économique en fonction d'un échantillonnage orienté dans <i>D</i>. S'applique aux problèmes d'optimisation globale lisses.</li> </ul> <p><u>MÉTHODES DE PROGRAMMATION CONTINUE</u></p> <p>Ces méthodes transforment d'abord la fonction économique en une fonction plus lisse (plus simple) comportant moins de minima locaux puis elles utilisent une procédure de minimisation pour retracer les minima dans la fonction originale.</p>
---	--

strategy) combinations are often possible.

#### 4. SOFTWARE DEVELOPMENT

In spite of the very significant theoretical advances in GO, software development and standardized use lags behind. This can be explained by the inherent numerical difficulty of GOP's. Even 'simpler' problem instances—e.g., the indefinite quadratic programming problem— belong to the hardest class of mathematical programming problems. The computational difficulty of any given type of GOP can be expected to be some exponential function of the problem dimensionality  $n$ . (For a formal

discussion, consult e.g., the related chapters in Horst and Pardalos, 1995.)

Consequently, GO problems in  $R^n$ , with  $n$  being 10, 20, 50, or 100, ... may spell rapidly increasing, even straight enormous, complications. This is in spite of the fact that computational power seems to grow at an unbelievable pace—the 'curse of dimensionality' is here to stay...

About one and a half years ago, a survey on continuous GO software was prepared for the newsletter of the Mathematical Programming Society (Pintér, 1996b). Based on the responses of software authors and on information collected from the WWW, over 50 software products were listed in that review. Probably, by now the number of solvers aimed at GOP's should be near to a hundred.

Based upon that survey and gentle follow-up efforts to update the information, my impression is that many of the software products are still dominantly 'academic', as opposed to 'industrial', in character. Of course, there is nothing wrong with either—both are needed. Ideally, the research and implementation/testing/application effort put into their development has synergistic effects. Differences, however, need to be explicitly recognized. Highly desirable—and in the case of targeted 'industrial scope' software, *de facto* indispensable—features of GO software

S'appliquent aux problèmes d'optimisation globale lisses.

- Amélioration séquentielle des optima locaux (" tunneling ", " deflation ", " filled functions ", etc.)

Ces méthodes sont habituellement fondées sur des fonctions auxiliaires construites par adaptation pour aider la recherche d'optima graduellement supérieurs. S'appliquent aux problèmes d'optimisation globale lisses.

Veillez noter que les catégories mentionnées se chevauchent parfois; des combinaisons d'algorithmes (de stratégies de recherche) sont souvent possibles.

#### 4. Développement de logiciels

En dépit des progrès très considérables réalisés dans le domaine de l'optimisation globale, le développement de logiciels et leur utilisation standardisée traînent encore de l'arrière. Cette situation est attribuable en partie à la difficulté numérique inhérente aux problèmes d'optimisation globale. Même les problèmes " plus simples ", par exemple, le problème de la programmation quadratique indéfinie, sont parmi les problèmes de programmation mathématique les plus ardues. On peut s'attendre à ce que la difficulté de calcul de tout type de problème d'optimisation globale soit une fonction exponentielle de la dimensionnalité du problème  $n$ . (Pour une analyse plus approfondie, le lecteur peut consulter les chapitres sur ce sujet dans l'ouvrage de Horst et Pardalos, 1995.) Par conséquent, les problèmes dans  $R^n$ , avec  $n$  de l'ordre de 10, 20, 50, ou 100... peuvent augmenter rapidement, voire engendrer d'énormes complications. Tout cela en dépit du fait que la puissance de calcul semble progresser à un rythme incroyable.

Il y a environ un an et demi, nous avons réalisé un sondage sur les logiciels d'optimisation globale continue pour le bulletin de la Mathematical Programming Society (Pintér, 1996b). À partir des réponses fournies par les développeurs de logiciels et de l'information recueillie dans le Web, nous avons recensé une cinquantaine de logiciels. Aujourd'hui, il y a probablement près d'une centaine de solutionneurs conçus pour les problèmes d'optimisation globale.

À la lumière des résultats de ce sondage et du suivi assuré pour mettre cette information à jour, nous avons l'impression que beaucoup de

<p>include:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Well-specified hardware and software environment</li> <li>• Quality user guidance (understandable manual which contains a clearly outlined model development procedure, sensible modelling and troubleshooting tips, user file templates, and non-trivial numerical examples)</li> <li>• 'Fool-proof' solver selection and execution procedures</li> <li>• Good runtime communication and documentation including clear system output for all foreseeable situations, including proper error messages, and result file(s)</li> <li>• Visualization options which are especially desirable in nonlinear systems modelling, to avoid problem misrepresentation, and to assist alternative model development procedures</li> <li>• Reliable, high-quality user support</li> <li>• Continued product maintenance and development (since not only science progresses, but hardware devices, operating systems, as well as development platforms are in permanent change)</li> </ul> <p>Looking at this tentative list of requirements, it should be clear (as anyone who has attempted to provide software to be used by others could readily attest) that while the task is certainly not impossible, it is a rather tall order—especially in the present context.</p> <p>Based on publications and conference presentations, it is evident that across Canada there is high quality research related to GO. Information about software development, though, seems to be far more scarce—or just does not seem to reach this humble(?) author, even when information is solicited for the present issue</p>	<p>ces logiciels sont destinés au milieu universitaire, par opposition au secteur industriel. Bien sûr, nous n'avons rien contre ce qui se fait dans ce domaine, mais les deux champs d'activité sont importants. Idéalement, la recherche et les efforts consacrés à la réalisation, à la mise à l'essai et à l'application dans le cadre du processus de développement devraient avoir des effets synergiques. Cependant, il faut en définir les</p> <p>différences de façon explicite. Voici les caractéristiques souhaitables et, dans le cas des logiciels destinés au secteur industriel, <i>de facto</i> indispensables pour les solutionneurs de problèmes d'optimisation globale :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Un environnement matériel et logiciel bien défini</li> <li>• Des instructions de qualité pour l'utilisateur (manuel clair qui contient une procédure de développement des modèles bien formulée, conseils utiles pour la modélisation et le dépannage, modèles de fichiers d'utilisateurs et exemples numériques pertinents)</li> <li>• Des procédures fiables de sélection et d'exécution du solutionneur</li> <li>• Une bonne communication et documentation sur l'exécution incluant une sortie système claire pour tous les cas, des messages d'erreur appropriés et un ou plusieurs fichiers résultats</li> <li>• Des options de visualisation (particulièrement souhaitables pour la modélisation des systèmes non linéaires afin d'éviter une représentation inexacte des problèmes et pour faciliter les procédures de développement d'autres modèles)</li> <li>• Un support à l'utilisateur fiable et de grande qualité</li> <li>• Une mise à jour et un développement des produits continus (puisque non seulement la science progresse, mais les périphériques, les systèmes d'exploitation et les plates-formes d'élaboration évoluent aussi constamment)</li> </ul> <p>Si on examine ces exigences, il apparaît clairement (comme pourrait en attester toute personne qui a essayé de développer des logiciels pour d'autres utilisateurs) que si cette tâche n'est pas impossible, elle est tout de même</p>
--	---

<p>of the CORS Bulletin...</p> <p>A notable exception (known to me) is the set of GO tools developed by Chinneck and Dravnieks (1995, 1997). The Mprobe software provides an assessment of whether or not the feasible region is convex; further, for objective functions, it provides an</p> <p>assessment of whether a global optimum is possible or whether a local optimum is likely. The GOS-BB package provides formulation assistance for GO and it includes post classification and diagnostic information. Finally, LSGRG(MIS) serves to isolate infeasible subsets of constraints in a given infeasible nonlinear programming problem.</p> <p>May I mention at this point the LGO model development and solver system for general continuous and Lipschitz GO that attempts to address the points of the 'wish-list' presented above. LGO has been announced in the previous (February 1998) CORS Bulletin issue. For more details, please see (Pintér, 1997a), or the detailed User's Guide (Pintér, 1997b); my WWW site also contains relevant information.</p> <p><b>5. GO TEST PROBLEMS AND APPLICATIONS</b></p> <p>Global optimization problems are prevalent in applications described by nonlinear system models. For real-world examples, as well as for both simpler and more challenging test problems, consult, e.g., Bomze, Csendes, Horst and Pardalos (1997), Floudas and Pardalos (1990, 1996), Grossmann (1996), Migdalas, Pardalos and Värbrand (1997), Mistakidis and Stavroulakis (1997), Mockus, Eddy, Mockus, Mockus and Reklaitis (1996), Pintér (1996a). On the WWW, see the pages of Neumaier, and of the Argonne and Sandia National Laboratories; especially Neumaier's site provides numerous further links and pointers. A personal note here which, however, is firmly supported by some of the application studies listed—and by opinions heard from my non-mathematician clients. Quite often</p>	<p>ardue.</p> <p>Si l'on en juge par les publications et les communications des congrès, on constate qu'à la grandeur du Canada, il se fait une recherche de grande qualité dans le domaine de l'optimisation globale. L'information</p> <p>concernant le développement des logiciels semble cependant beaucoup plus rare, ou peut-être ne s'est-elle pas rendue jusqu'à votre humble auteur...</p> <p>Une exception notable à cet égard est la trousse d'outils d'optimisation globale mise au point par Chinneck et Dravnieks (1995, 1997). Le logiciel Mprobe fournit une évaluation qui permet de déterminer si la région réalisable est convexe. Pour les fonctions économiques, il établit une évaluation qui permet de déterminer si un optimum global est possible ou si un optimum local est vraisemblable. La trousse GOS-BB fournit une aide à la formulation pour l'optimisation globale et elle inclut une information après classement et diagnostic. Enfin, le LSGRG(MIS) sert à isoler des sous-ensembles de contraintes non réalisables dans un problème donné de programmation non linéaire non réalisable.</p> <p>Nous aimerions mentionner à ce stade le système de développement de modèles et de solveurs conçu pour les problèmes généraux d'optimisation continue et d'optimisation lipschitzienne qui a été annoncé dans le dernier bulletin de la SCRO. Pour plus de détails, se reporter à Pintér, 1997a ou au Guide de l'utilisateur détaillé (Pintér, 1997b). (Mon site Web contient aussi toute l'information pertinente à ce sujet.)</p> <p><b>5. Problèmes-tests et applications de l'optimisation globale</b></p> <p>Les problèmes d'optimisation globale sont fréquents dans les applications décrites par des modèles de systèmes non linéaires. Pour des exemples de problèmes réels et des problèmes tests, on peut consulter, par exemple, les travaux de Floudas et Pardalos (1990), Grossmann (1996), Pintér (1996a), ou les pages Web de Neumaier et des laboratoires nationaux d'Argonne et de Sandia. (Le site de Neumaier est particulièrement utile puisqu'il fournit de</p>
--	---

real-world applications lead to problems which are qualitatively different from (and far more challenging, than many) tests favoured by most academic communities.

GO problems are, and will remain, difficult. However, algorithm development, and more powerful machines (including parallelization options) push the solvability frontier farther. Let me illustrate this point with my own experience. Six to seven years ago I was glad to be able to solve somewhat 'tricky' GO problems in up to 5-6 variables (with my solver of the day, on those machines). In recent years my LGO solver has been routinely applied to optimization problems which have several tens to a few hundred variables. (Due to the exponential complexity of GOP's, this is non-trivial progress; plus, hopefully, the GO solvers themselves are getting better...) The present standard educational version being shipped handles 20 variables and 20 constraints. The largest, truly difficult, decision models solved so far by LGO have a few hundred variables. Without the slightest doubt, however, there is still much room to progress...

We conclude with a rather long (but very far from exhaustive) list of existing and potential areas of GO applications. The first part of this listing draws upon information gathered from the WWW and from literature. For more details, consult e.g., the Argonne National Laboratory MINPACK-2 test problem collection (from 1993, with added notes by Averick and Moré), and Neumaier's WWW pages. This partial list includes the following examples (the GO applications are arranged alphabetically, without further grouping):

- Chebychev quadrature
- chemical and phase equilibria
- coating thickness standardization
- combustion of propane (full and reduced formulation)
- control system analysis and design
- database optimization
- elastic-plastic torsion

nombreux liens et références.) Nous nous permettons ici de faire un commentaire personnel qui est cependant grandement partagé par bon nombre de clients qui ne sont pas mathématiciens. Très souvent, les

applications réelles engendrent des problèmes qui sont différents qualitativement et plus exigeants que beaucoup des tests privilégiés par le milieu universitaire.

Les problèmes d'optimisation sont difficiles et ils le resteront. Cependant, le développement d'algorithmes et de machines plus puissantes, notamment les options de parallélisation, repoussent toujours plus loin les limites de la résolution. Laissez-moi vous démontrer ce point à partir de ma propre expérience. Il y a six ou sept ans, j'étais heureux d'arriver à résoudre certains problèmes d'optimisation globale assez complexes présentant jusqu'à 5 ou 6 variables. Dans les dernières années, on a utilisé régulièrement mon solveur d'optimisation globale lipschitzienne pour résoudre des problèmes d'optimisation présentant des variables de plusieurs dizaines (20 à 100). La version éducative standard actuellement distribuée peut gérer 20 variables et 20 contraintes. Les modèles de décision les plus grands et les plus difficiles résolus jusqu'ici à l'aide de l'optimisation globale lipschitzienne présentent quelques centaines de variables. Ce qui démontre bien qu'on peut toujours aller plus loin ...

Nous allons conclure cet article par une liste assez longue, bien que non exhaustive, des champs d'application actuels et potentiels de l'optimisation globale. La première partie de cette liste est basée sur l'information recueillie dans le Web et sur la documentation disponible. Pour plus de détails, on peut consulter par exemple les problèmes-tests MINPACK-2 du laboratoire national d'Argonne (de 1993, avec des ajouts de Averick et Moré) et les pages Web de Neumaier. Les exemples d'applications sont classés par ordre alphabétique, sans autre critère de catégorisation :

- ajustement exponentiel de données
- ajustement gaussien de données
- allumage par combustible solide
- analyse de réactions enzymatiques

<ul style="list-style-type: none"> <li>• enzyme reaction analysis</li> <li>• exponential data fitting</li> <li>• flow in a channel</li> <li>• flow in a driven cavity</li> <li>• Gaussian data fitting</li> <li>• Ginzburg-Landau problem</li> <li>• human heart dipole</li> <li>• hydrodynamics modelling</li> <li>• incompressible elastic rods</li> <li>• isomerization of alpha-pinene (in several versions)</li> <li>• localization of brain activity</li> <li>• minimal surfaces</li> <li>• molecular configuration problems</li> <li>• optimal design with composites</li> <li>• pressure distribution in a journal bearing</li> <li>• Ramsey graphs</li> <li>• solid fuel ignition</li> <li>• spherical codes</li> <li>• steady-state combustion</li> <li>• swirling flow between disks</li> <li>• thermistor resistance analysis</li> <li>• thin film design</li> <li>• VLSI CAD</li> </ul> <p style="text-align: center;">The second list of GO applications draws mainly upon my own practice. Most of these problem-types are discussed in Pintér (1996a), but some of the work is more recent, or still in progress. (See also the extensive list of further applications collected in the book.)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 'black box' system design and operation</li> <li>• combination of deterministic or statistical expert opinions (forecasts, votes)</li> <li>• data classification (cluster analysis)</li> <li>• data visualization</li> <li>• extremal energy problems (in mathematical, physical, chemical and biological modelling)</li> <li>• inverse model fitting (calibration) to observation data sets</li> <li>• nonlinear approximation (including</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• analyse des résistances d'une thermistance</li> <li>• analyse et conception des systèmes de contrôle</li> <li>• codes sphériques</li> <li>• combustion de propane (formulations complète et réduite)</li> <li>• combustion en régime stationnaire</li> <li>• conception de circuits intégrés</li> <li>• conception de pellicules fines</li> <li>• conception optimale avec matériaux composites</li> <li>• dipôle du cœur humain</li> <li>• distribution de pression dans un palier</li> <li>• équilibre chimique et de phase</li> <li>• flux dans un conduit</li> <li>• flux dans une cavité attaquée</li> <li>• flux tourbillonnant entre des disques</li> <li>• graphes de Ramsey</li> <li>• isomérisation d'alpha-pinènes (en plusieurs versions)</li> <li>• localisation de l'activité cérébrale</li> <li>• modélisation hydrodynamique</li> <li>• optimisation de bases de données</li> <li>• poutres élastiques incompressibles</li> <li>• problème de Ginzburg-Landau</li> <li>• problèmes de configuration moléculaires</li> <li>• quadrature de Tchebychev</li> <li>• standardisation de l'épaisseur des revêtements</li> <li>• surfaces minimales</li> <li>• torsion élasto-plastique</li> </ul> <p style="text-align: center;">La seconde liste d'applications de l'optimisation globale est établie principalement à partir de mon expérience. Vous retrouverez bon nombre de ces types de problèmes dans Pintér (1996a), mais certaines applications sont plus récentes ou encore en cours. (Se reporter également à la liste détaillée incluse dans le volume.)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• affectation des ressources (découpage, ordonnancement, chargement, mise en paquets) et problèmes connexes</li> <li>• ajustement de modèle inverse (calibrage) pour des ensembles de données d'observation</li> <li>• analyse et gestion des risques</li> <li>• approximation non linéaire (y compris l'ajustement de courbes ou de surfaces)</li> </ul>
---	--

<p>curve or surface fitting)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• optimized design and tuning of equipment and instruments</li> <li>• resource allocation (cutting, sequencing, loading, packing) and related problems</li> <li>• risk analysis and management</li> <li>• robust product/mixture design</li> <li>• systems of nonlinear equations and inequalities</li> </ul> <p>We are especially interested to hear about GO (test or real) challenges, as well as about other prospective application areas.</p> <p><b>ACKNOWLEDGEMENTS</b></p> <p>First, I would like to thank Rick Caron for the kind invitation to prepare this review, as well as for his comments.</p> <p>I am indebted to the owners of the WWW sites referred to above (and also to many other site owners), for the useful information altruistically collected and provided on their pages.</p> <p>This work was completed during my visit at Wolfram Research, Inc.—thanks for all support, a very friendly work atmosphere, and good coffee at Espresso Point...</p> <p>Finally, I wish to thank a (surprisingly large) number of colleagues from around the world—and also a few of my clients—for their advice, criticism, feedback, and support. They will be properly listed in a forthcoming book (or two) on the subject.</p> <p><b>REFERENCES</b></p> <p>Only a few references—including a classical textbook, and some others from the 1990's, as well as several WWW sites—are listed. Note that, for instance, the rapidly growing '<i>Nonconvex Optimization And Its Applications</i>' book series by Kluwer has also several other recent volumes closely related to the subject. (See <a href="http://kapis.www.wkap.nl/series.htm/NOIA">http://kapis.www.wkap.nl/series.htm/NOIA</a></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• classement de données (analyse de regroupement)</li> <li>• combinaison d'opinions d'experts déterministes ou statistiques (sondages, votes)</li> <li>• conception et exploitation du système de la boîte noire (oracle)</li> <li>• conception optimisée et réglage d'équipement et d'instruments</li> <li>• conception robuste de produits ou mélanges</li> <li>• problèmes d'énergie extrême (modélisations mathématique, physique, chimique et biologique)</li> <li>• systèmes d'équations et d'inéquations non linéaires</li> <li>• visualisation de données</li> </ul> <p>Nous sommes vivement intéressés à entendre parler de problèmes-tests ou de problèmes réels qui présentent des défis en matière d'optimisation globale, ainsi que d'éventuels nouveaux champs d'application.</p> <p><b>Remerciements</b></p> <p>J'aimerais d'abord remercier Rick Caron de sa gentille invitation à rédiger cet article de synthèse ainsi que de ses précieux commentaires. Je suis également reconnaissant aux propriétaires des sites Web cités plus haut pour l'information qu'ils rassemblent et présentent dans leurs pages. Enfin, j'aimerais remercier un nombre important de collègues du monde entier et aussi quelques-uns de mes clients pour leurs conseils, leurs critiques, leurs commentaires et leur appui.</p> <p><b>RÉFÉRENCES</b></p> <p>Quelques références clés seulement, incluant un manuel classique et d'autres ouvrages des années 90, ainsi que plusieurs sites Web. Veuillez noter, à titre d'exemple, que la série de livres "<i>Nonconvex Optimization And Its Applications</i>" de Kluwer, qui connaît une expansion très rapide, comprend plusieurs autres volumes récents étroitement liés à ce sujet. (Voir <a href="http://kapis.www.wkap.nl/series.htm/NOIA">http://kapis.www.wkap.nl/series.htm/NOIA</a> pour obtenir une liste à jour. )</p>
--	--



for a current listing.)

- Argonne National Laboratory (1993) *MINPACK-2 Test Problem Collection*. (See also the Accompanying notes titled 'Large-scale optimization: Model problems', by B.M. Averick and J.J. Moré; <http://www-c.mcs.anl.gov/home/more/tprobs/tprobs.html>.)
- Bomze, I.M., Csendes, T., Horst, R., and Pardalos, P.M., eds. (1997) *Developments in Global Optimization*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht / Boston / London.
- Chinneck, J.W. (1995) Analyzing infeasible nonlinear programs. *Computational Optimization and Applications* 4, 167-179.
- Dixon, L.C.W. and Szegö, G.P., eds. (1975, 1978) *Towards Global Optimisation. Vols. 1-2*. North-Holland, Amsterdam.
- Dravnieks, E.W. and Chinneck, J.W. (1997) Formulation assistance for global optimization problems. *Computers and Operations Research* 24, 1151-1168.
- Drud, A. (1997) Personal communication.
- Floudas, C.A. and Pardalos, P.M. (1990) *A Collection of Test Problems for Constrained Global Optimization Algorithms*. Lecture Notes in Computer Science 455, Springer, Berlin / Heidelberg / New York.
- Floudas, C.A. and Pardalos, P.M., eds. (1992) *Recent Advances in Global Optimization*. Princeton University Press, Princeton.
- Floudas, C.A. and Pardalos, P.M., eds. (1996) *State of the Art in Global Optimization: Computational Methods and Applications*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht / Boston / London.
- Grossmann, I.E., ed. (1996) *Global Optimization in Engineering Design*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht / Boston / London.
- Glover, F and Laguna, M. (1997) *Tabu Search*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht / Boston / London.
- Greenberg, H.J. (1998) *Mathematical Programming Glossary* (<http://www-math.cudenver.edu/~hgreenbe/glossary/glossary.html>).
- Hansen, E.R. (1992) *Global Optimization Using Interval Analysis*. Marcel Dekker, New York.
- Horst, R. and Tuy, H. (1996) *Global Optimization – Deterministic Approaches*. Springer, Berlin / Heidelberg / New York. (3rd Edn.)
- Horst, R. and Pardalos, P.M., eds. (1995) *Handbook of Global Optimization*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht / Boston / London.
- Journal of Global Optimization* (since 1991, Kluwer Academic Publishers).
- Kearfott, R.B. (1996) *Rigorous Global Search: Continuous Problems*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht / Boston / London.
- Michalewicz, Z. (1996) *Genetic Algorithms + Data Structures = Evolution Programs*. Springer, Berlin / Heidelberg / New York. (3rd Edn.)
- Migdalas, A., Pardalos, P.M. and Värbrand, P., eds. (1997) *Multilevel Optimization: Algorithms and Applications*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht / Boston / London.
- Mistakidis, E.S., Stavroulakis, G.E. (1997) *Algorithms, Heuristics and Engineering Applications by the F.E.M.* Kluwer Academic Publishers, Dordrecht / Boston / London.

- Mockus, J., Eddy, W., Mockus, A., Mockus, L. and Reklaitis, G. (1996) *Bayesian Heuristic Approach to Discrete and Global Optimization (Algorithms, Visualization, Software, and Applications)*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht / Boston / London.
- Neumaier, A. (1990) *Interval Methods for Systems of Equations*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Neumaier, A. (1998) *Global Optimization Web Pages* (<http://solon.cma.univie.ac.at/~neum/glopt.html>).
- Pintér, J.D. (1996a) *Global Optimization in Action (Continuous and Lipschitz Optimization:*

*Algorithms, Implementations and Applications*). Kluwer Academic Publishers, Dordrecht / Boston / London.

Pintér, J.D. (1996b) Continuous global optimization software: A brief review. *Optima* 52, 1-8.

Pintér, J.D. (1997a) LGO – A program system for continuous and Lipschitz global optimization; pp. 183-197. in: Bomze, Csendes, Horst, and Pardalos, eds. (1997).

Pintér, J.D. (1997b) *LGO – A Model Development System for Continuous Global Optimization. User's Guide*. Pintér Consulting Services, Halifax, NS.

Sandia National Laboratories (1998) *Global Optimization WWW Survey*. (Maintained by W. E. Hart; <http://www.cs.sandia.gov/opt/survey/main.html>).

Zhigljavsky, A.A. (1991) *Theory of Global Random Search*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht / Boston / London.

## Our National Contribution to IFORS XV.

The 15th Triennial Conference of the International Federation of Operational Research Societies is being held in Beijing, P.R. China from August 16 - 20, 1999. As a Member Society, CORS will select a paper to be presented as Canada's National Contribution. If you plan to attend the conference, and if you wish your paper to be considered as the National Contribution, please send your abstract to any member of the Selection Committee: David Martell, Michel Gendreau, or Rick Caron (see page 2 for addresses). A \$100 honorarium will be awarded to the selected candidate. The deadline for submission is August 31, and the winner will be informed by September 30, 1998.

## Notre contribution nationale à IFORS XV.

Le XVe Congrès triennal de la Fédération internationale des sociétés de recherche opérationnelle aura lieu à Beijing, République populaire de Chine, du 16 au 20 août 1999. En tant que société membre, la SCRO choisira un article qui sera présenté à titre de Contribution nationale du Canada. Si vous comptez participer au congrès et que vous souhaitez soumettre votre article, veuillez en faire parvenir le résumé à l'un ou l'autre des membres du comité de sélection : David Martell, Michel Gendreau ou Rick Caron (vous trouverez leurs adresses à la page 2). Une somme de 100 \$ sera remise au candidat retenu. La date limite d'inscription est le 31 août et le gagnant sera avisé d'ici le 30 septembre 1998.

Congrès conjoint INFORMS / SCRO-CORS du printemps 1998

(40e Congrès annuel de la SCRO)

Montréal, Québec, du 26 au 29 avril 1998

« [www.crt.umontreal.ca/mtl98/](http://www.crt.umontreal.ca/mtl98/) »

### **Announcement of The Third International Conference on Multi-Objective Programming and Goal Programming**

The third edition of the International Conference on Multi-Objective Programming and Goal Programming, hosted by Université Laval, will be held in Quebec City, May 31 and June 1-3, 1998. A broad range of topics will be covered during the conference such: DEA and multi-objective programming/goal programming (MOP/GP), Applications of MOP/GP, Fuzzy sets and MOP/GP, Neural Networks and MOP/GP, Interactive MOP/GP and Implementation issues and Software

The conference will attract about two hundred practitioners interested in Multi-Objective Programming and Goal Programming and more than 40 plenary and parallel sessions are already scheduled.

Conference registration fees

Delegate: Before April 17: CND\$420 – After April 17: CND\$490

Student : Before April 17: CND\$210 – After April 17: CND\$245

This Conference is a forum within which the participants can meet and learn from each other about the recent developments in MOP/GP. The number and the quality of the accepted papers leave to forebode an exceptional scientific program. CORS members are warmly invited to take part to this conference. The program of the conference and other related information is available on the conference Web page:

<http://www.fsa.ulaval.ca/mopgp98>

For more information, please contact

Professor Jean-Marc Martel  
Faculté des Sciences de l'administration  
Université Laval  
Sainte-Foy (Québec), G1K 7P4. Canada.  
Fax : 1-418-656-2624  
Conference e-mail: [mopgp98@fsa.ulaval.ca](mailto:mopgp98@fsa.ulaval.ca)  
Conference web site: <http://www.fsa.ulaval.ca/mopgp>

**MEETINGS AND CONFERENCES****CORS / SCRO Business Meetings**

98 Apr 26 - 29            5<sup>th</sup> Council Meeting, Annual General Meeting, 1<sup>st</sup> Meeting of 98/99 Council, at the 40<sup>th</sup> Congrès Annuel SCRO - CORS Annual Conference, Montréal.

**CORS / SCRO Annual Conferences**

98 Apr 26-29            40<sup>th</sup> Congrès Annuel SCRO - CORS Annual Conference, Montréal, Québec. General Chair: Paul H. Mireault. See the footer.

99 Jun 7-9              41<sup>st</sup> Congrès Annuel SCRO - CORS Annual Conference, Cleary International Centre, Windsor, Ont. General Chair: Richard Caron, email: rcaron@uwindsor.ca.

2000 Spring            42<sup>nd</sup> Congrès Annuel SCRO - CORS Annual Conference, Alberta. General Chair: Erhan Erkut, email: erhan.erkut@ualberta.ca.

**Other Conferences**

98 May 19-22            Symposium on Industrial Engineering and Management: Canadian Society for Mechanical Engineering (CSME) Forum, Ryerson Polytechnic University, Toronto, Ontario, Canada. J. A. Buzacott, Tel: (416) 736-2100, ext. 77939, email: [jbuzacot@bus.yorku.ca](mailto:jbuzacot@bus.yorku.ca) <[www.ryerson.ca/mech-eng/csme.forum.98](http://www.ryerson.ca/mech-eng/csme.forum.98)>.

98 May 31-Jun 3        3<sup>rd</sup> International Conference on Multi-Objective and Goal Programming, Québec City, Canada. Contact Jean-Marc Martel, Fax: 1-418-656-2624, E-mail: mopgp98@fsa.ulaval.ca. <[www.fsa.ulaval.ca:80/mopgp/](http://www.fsa.ulaval.ca:80/mopgp/)>

98 Jun 27-30            Teaching Management Sciences with Spreadsheets, Amos Tuck School of Business, Dartmouth College, Hanover, NH. <[www.dartmouth.edu/tuck/tmss](http://www.dartmouth.edu/tuck/tmss)>

98 Jun 28-Jul 1        INFORMS Tel Aviv, Hilton/Tel Aviv University. Contact: Jacob Hornik, Faculty of Management, School of Business Administration, Tel Aviv University, Tel Aviv 69978 Israel, Phone: (972) 3-6408098, Fax: (972) 3-6409983, E-mail: [hornik@post.tau.ac.il](mailto:hornik@post.tau.ac.il), [www.informs.org/Conf/TelAviv98/](http://www.informs.org/Conf/TelAviv98/). Abstract Deadline: 5 December 1997.

98 Jul 8-10             PAREO '98, Versailles, France. Contact: Annick Baffert, Laboratoire Prism – CNRS URA 1525, Université de Versailles-Saint Quentin en Yvelines, 45 Avenue des États-Unis, 78035 Versailles Cedex, France. Phone: (+33 1) 39 25 40 56, Fax: (+33 1) 39 25 40 57, E-mail: [Annick.Baffert@prism.uvsq.fr](mailto:Annick.Baffert@prism.uvsq.fr), [www.prism.uvsq.fr/public/blec/PAREO.html](http://www.prism.uvsq.fr/public/blec/PAREO.html).

98 Jul 12 - 15         EURO XVI, Brussels, Belgium. Abstract Deadline: 15 Dec 1997. Contact: Jaques Teghem, MATHRO/F.P.Ms 9, rue de Houdain-B-7000 Mons-Belgium, Fax: +32-65-374689, email: euro@mathro.fpms.ac.be, <http://image.fpms.ac.be/euro16.html>.

- 98 Jul 12-16 SCI'98/ ISAS'98 WORLD MULTICONFERENCE ON SYSTEMICS, CYBERNETICS AND INFORMATICS, Orlando, Florida. WWW: <<http://www.iiis.org>>, Conference Chair: Nagib Callaos IIS 6220 S. Orange Blossom Trail, Suite 173, Orlando, FL 32809, USA. Fax: +1 (407) 856-6274. E-mail: SCI98@aol.com.
- 98 Aug 9-12 2<sup>nd</sup> International Conference on Engineering Design and Automation, Aston Wailea Resort, Maui, Hawaii. Contact: Hamid R. Parsaei, Tel: 502-852-1416, Fax: 502-228-6868, email: hrpars01@ulkyvm.louisville.edu.
- 98 Aug 17-19 ISORA'98, Kunming, China. Symposium Chair: Prof. Xiangsun Zhang. Organizing Committee Chair: Prof. Kan Cheng. Three (English) copies of extended abstract (ten pages) by April 1, 1998 to Dr. Xiaodong HU Institute of Applied Mathematics Chinese Academy of Sciences P. O. Box 2734, Beijing 100080 P.R. China (Fax: +86-10-6254-1689, Email: isora@amath3.amt.ac.cn).
- 98 Aug 31-Sep 3 OR '98, Zurich, Switzerland. Contact: Prof. P. Kall, Institut für Operations Research der Universität Zürich, OR 98, Moussonstrasse 15, CH-8044 Zürich, e-mail: [kall@ior.unizh.ch](mailto:kall@ior.unizh.ch), <[www.or98.ethz.ch](http://www.or98.ethz.ch)>. Abstract Deadline: 15 January 1998.
- 98 Aug 31-Sep 4 IX CLAIO - 27 JAIIO, Buenos Aires, ARGENTINA. Contacts: Tel (54)(1) 371-5755, Fax FAX/TE: (54)(1) 372 3950, WWW: <[www.uba.ar/wwws/sadio](http://www.uba.ar/wwws/sadio)> or <[www.dc.uba.ar/ixclaiio](http://www.dc.uba.ar/ixclaiio)>. E-mail: <[ixclaiio@sadio.edu.ar](mailto:ixclaiio@sadio.edu.ar)> or <[jaiio@sadio.edu.ar](mailto:jaiio@sadio.edu.ar)>. Chair: Irene Loiseau.
- 98 Sep 24-26 12th JISR-IIASA Workshop on Methodologies and Tools for Complex System Modeling and Integrated Policy Assessment Modeling and IFIP WG 7.6 - IIASA Workshop on Advances in Modeling: Paradigms, Methods and Applications. WWW: <[www.iiasa.ac.at/~marek/amap98](http://www.iiasa.ac.at/~marek/amap98)> and <[www.iiasa.ac.at/~marek/csm98](http://www.iiasa.ac.at/~marek/csm98)>. E-mail: <[amap@iiasa.ac.at](mailto:amap@iiasa.ac.at)> or <[csm98@iiasa.ac.at](mailto:csm98@iiasa.ac.at)>.
- 99 August 16-20 IFORS '99, Friendship Hotel, Beijing, China. Contact: Professor Kan Cheng: Fax +86 10 254 1689, email [cheng@amath3.amt.ac.cn](mailto:cheng@amath3.amt.ac.cn)

### WWW Conference Listings

CORS/SCRO Conference Page: <<http://www.cors.ca/meetings/confer.htm>>

INFORMS Conference Home Page: <<http://www.informs.org/Conf/Conf.html>>

IFORS Conferences: <<http://www.ifors.org/leaflet/conferences.html>>

Netlib Conferences Database: <<http://www.netlib.org/confdb/Conferences.html>>

SIAM Conference Home Page: <<http://www.siam.org/conf.htm>>

Harvey Greenberg's list: <<http://www-math.cudenver.edu/~hgreenbe/otherweb.html>>

Michael Trick's list: <<http://mat.gsia.cmu.edu/confer.html>>

Congrès conjoint INFORMS / SCRO-CORS du printemps 1998

(40e Congrès annuel de la SCRO)

Montréal, Québec, du 26 au 29 avril 1998

« [www.crt.umontreal.ca/mtl98/](http://www.crt.umontreal.ca/mtl98/) »

**The Next Issue**

The next issue of the Bulletin will appear in June. It will feature a summary of the events at the National Conference and Annual General Meeting. The next issue will also feature a new editor, yet to be named. In the meantime, please send your contributions to the Bulletin, especially news on the activities of local sections and members to:

Richard J. Caron  
 Dept. of Economics, Mathematics & Statistics  
 University of Windsor  
 401 Sunset Avenue  
 Windsor, Ontario N9B 3P4  
 email: rcaron@uwindsor.ca  
 fax: 519-971-3649

The deadline for submission is June 1, and the preferred method of submission is by a WORD or WP attachment to an e-mail. The bulletin is produced using Word 7.0.

<p><b>CORS</b>  <b>Bulletin Advertising Policy</b></p> <p>Ads cost \$120 per page, proportional for fractional pages. Logos and prepared layouts can be accommodated. Direct inquiries to the Editor.</p>	<p><b>Politique de publicité du bulletin de la SCRO</b></p> <p>Le coût d'une annonce est de 120\$/page et varie en proportion pour les annonces de moindre longueur. Les annonces peuvent contenir des logos et des schémas. Contacter le rédacteur pour toute autre information.</p>
---	---

**CANADIAN OPERATIONAL RESEARCH SOCIETY / SOCIÉTÉ CANADIENNE de RECHERCHE OPÉRATIONNELLE**  
**Application for Membership / Formulaire d'adhésion**

**Name / Nom:** \_\_\_\_\_  
First / Prénom      Initial / Initiale      Last / Nom      Signature

**Address / Adresse:** \_\_\_\_\_  
Institution / Affiliation  
 \_\_\_\_\_  
Street / Rue  
 \_\_\_\_\_  
City / Ville      Province      Postal Code / Code Postal

**Internet:** \_\_\_\_\_  
e-mail / Courrier Électronique      URL

**Phone / Téléphone:** \_\_\_\_\_  
Business / Travail      Home / Domicile      Fax / Télécopieur

**Employer Name / Place de Travail:** \_\_\_\_\_  
Name of University, if Student      Position (Signature of University Official for Student Application)  
 Nom de L'Université, si Étudiant(e)      Titre (Signature du Représentant de L'Université, si Étudiant(e))

**Type of Membership / Abonnement:** Regular / Régulier       Student / Étudiant(e)       Retired / Retraité   
(\$55.00)      (\$25.00)      (\$27.50)

**Please return to / S.v.p. envoyer à: CORS - SCRO, P.O. Box 2225, Station D, Ottawa, Ontario, K1P 5W4**

**Congrès conjoint INFORMS / SCRO-CORS du printemps 1998**  
**(40e Congrès annuel de la SCRO)**  
**Montréal, Québec, du 26 au 29 avril 1998**  
 « [www.crt.umontreal.ca/mtl98/](http://www.crt.umontreal.ca/mtl98/) »