

Rapport INRIA 1994 — Programme 5  
Programmation mathématique

PROJET PROMATH

3 mai 1995



PROJET PROMATH

---

# Programmation mathématique

---

**Localisation :** *Rocquencourt*

**Mots-clés :** algorithme numérique (1), optimisation (1), PROMATH (1).

## 1 Composition de l'équipe

### **Responsable scientifique**

Claude Lemaréchal, Directeur de recherche, Inria; détaché à Paris 1 depuis septembre

### **Responsable permanent**

Frédéric Bonnans, Directeur de recherche, Inria

### **Secrétariat**

Martine Verneuille

### **Personnel Inria**

Jean-Charles Gilbert, Chargé de recherche

Edmundo Rofman, Directeur de recherche

Claudia Sagastizábal, Chargé de recherche

### **CNRS**

Sady Maurin, Chargé de recherche

### **Chercheurs extérieurs**

Geneviève Launay, Collaborateur extérieur, Education Nationale

### **Chercheurs post-doctorants**

Guillaume Vigé, chercheur, Univ. Limoges, 2 mois  
Annick Sartenaer, 1 mois

### **Chercheurs doctorants**

Oscar Barrientos, chercheur, Univ. Chili à Santiago, 11 mois  
François Oustry, depuis septembre (détaché de l'Ensta)

### **Stagiaire**

Serge Hitier, élève à l'Ecole Centrale de Paris

## **2 Présentation du projet**

Ce projet a pour but l'étude de la programmation mathématique, ou optimisation numérique, dans ses aspects théorique et pratique, ainsi que son application aux problèmes du secteur applicatif. Cela comporte: la théorie des conditions d'optimalité, la stabilité des solutions optimales par rapport à des paramètres apparaissant dans le système, la construction d'algorithmes d'optimisation, l'application de ces algorithmes à des problèmes concrets. Nous considérons que notre travail a trois composantes:

**Recherche:** Il s'agit ici de recherche fondamentale en optimisation, pouvant être motivée par des applications de pointe, ou concerner des sujets considérés comme importants par la communauté scientifique internationale.

**Développement** d'algorithmes d'optimisation, en vue non pas de problèmes particuliers mais de grandes classes de problèmes.

**Applications,** c'est-à-dire collaboration avec des partenaires industriels (ou venant d'autres secteurs de recherche) sur des problèmes spécifiques auxquels ils sont confrontés.

Naturellement, ces trois rubriques ne sont pas indépendantes: chacune est constamment alimentée par les deux autres. Par ailleurs, l'équilibre entre elles varie au cours du temps. Cette année, l'essentiel de nos travaux ont concerné:

– en théorie de l'optimisation: sensibilité des optimums dans des cas "pointus" (programmation semi-infinie, solutions multiples, critère non différentiable,...); étude qualitative des problèmes de commande; décomposition de domaines;

- en algorithmique: méthodes de points intérieurs et leurs généralisations au cas non linéaire; problèmes de grande taille; code non différentiable;
- dans le secteur applicatif: réseaux électriques, gestion de portefeuille.

La reconnaissance internationale du projet a été concrétisée cette année en la personne de C. Lemaréchal, qui a reçu le Prix Dantzig 94 (en compagnie de R. Wets, Univ. Davis). C'est le plus important prix en optimisation, délivré tous les 3 ans conjointement par le Siam et la MPS (Mathematical Programming Society). Ce prix lui a été attribué pour l'ensemble de ses travaux: théoriques (utilisation de l'analyse convexe pour le développement d'algorithmes efficaces), algorithmiques (méthodes de faisceaux, mais aussi développement de codes de bibliothèque), applicatifs (optimisation de trajectoires, géophysique externe et interne, modélisation moléculaire,...).

### 3 Actions de recherche et développement

#### 3.1 Théorie de la perturbation en optimisation

*Participant* : J.F. Bonnans

Le thème de cette étude est l'analyse de la variation des solutions et du coût d'un problème d'optimisation quand les données sont perturbées.

Avec R. Cominetti, nous avons étudié les problèmes d'optimisation semi-infinie (infinité de contraintes, nombre fini de variables à optimiser). Nous obtenons le développement au deuxième ordre du coût, et au premier ordre des solutions, dans les cas où: soit l'ensemble de contact est fini, soit l'ensemble des contraintes est paramétré par un réel; [8], [9], [21].

Avec A.D. Ioffe, nous avons poursuivi l'étude de problèmes convexes à solutions multiples, en généralisant la condition forte du deuxième ordre de Shapiro. Ceci donne une condition "minimale" pour la stabilité (lipschitz supérieure) des solutions; [4], [19].

Avec A. Sulem, nous avons précisé nos résultats sur la perturbation de problèmes d'optimisation vérifiant la condition de forte régularité, en donnant une caractérisation de la forte régularité; [12].

### 3.2 Algorithmes de points intérieurs: contraintes linéaires et non linéaires

*Participants* : J.F. Bonnans, J.Ch. Gilbert

Le premier volet de notre activité dans ce domaine concerne l'étude théorique de la programmation linéaire et quadratique par les méthodes de suivi de chemin, qui focalisent l'attention des spécialistes. Avec C.C. Gonzaga, nous avons montré que l'algorithme "simplifié" de plus large pas a une convergence polynomiale en  $O(\sqrt{n}L)$  et superquadratique (d'ordre  $p + 1$  si on garde le même jacobien pendant  $p$  itérations); [20]. Avec F.A. Potra, nous avons étendu une théorie développée avec C.C. Gonzaga, concernant la convergence de la suite, aux méthodes non réalisables, et nous en déduisons que l'algorithme de plus large pas non réalisable, avec sauvegarde, converge de façon quadratique.

En collaboration avec R. Byrd (Boulder) et J. Nocedal (Northwestern), nous cherchons par ailleurs à étendre ces techniques aux problèmes totalement non linéaires; ceci soulève des difficultés dues à la non convexité. Nous avons proposé une approche par régions de confiance, dont nous avons montré la convergence globale. Nous avons également développé un code Fortran, basé sur la méthode à régions de confiance de Byrd et Omojokun.

### 3.3 Optimisation de grande taille sans contrainte

*Participant* : J.Ch. Gilbert

L'amélioration des techniques d'optimisation pour les problèmes de très grande taille sans contraintes (plusieurs millions de variables) reste un objectif de grande importance, avec de nombreuses applications (contacts avec la météorologie et la modélisation moléculaire). Avec A. Sartenaer (Namur, Belgique), nous débutons une étude visant à introduire un préconditionnement quasi-Newtonien (du type BFGS à mémoire limitée) dans la méthode de Newton tronquée. L'idée consiste à récolter l'information contenue dans les directions conjuguées générées lors de la résolution du système de Newton courant par gradient conjugué, afin de préconditionner le système de Newton suivant. Ces techniques sont en cours de tests; nous nous proposons également de les étendre aux problèmes de moindres carrés.

### 3.4 Optimisation sur les variétés

*Participant* : J.Ch. Gilbert

Avec Paul Armand (Limoges), nous avons poursuivi l'étude sur la recherche linéaire de Wolfe dans les méthodes de quasi-Newton pour la minimisation de fonctions sous contraintes d'égalité. Nous avons montré comment utiliser dans la méthode avec hessien complet (mise à jour du hessien du Lagrangien augmenté) la recherche linéaire "brisée" introduite précédemment pour les méthodes réduites (mise à jour du hessien *réduit* du Lagrangien). L'étude se poursuivra par l'analyse de la convergence superlinéaire (éventuelle) de l'algorithme proposé. Un code-test (en Matlab) a été développé.

### 3.5 Classification générique de problèmes de commande et applications

*Participant* : G. Launay

Soit un système de commande dans lequel l'état final est cherché dans une variété de codimension 1, et la fonction-coût est le temps final. Nous étudions la caractérisation de la commande optimale de façon générique, pour le cas de 2 et 3 variables. Notre motivation est la commande (via la température du récipient) de systèmes chimiques comportant deux réactions simples consécutives  $A \rightarrow B \rightarrow C$  ( $A$  est le produit initial,  $B$  le produit souhaité et  $C$  un déchet, le but étant de maximiser la quantité de  $B$  obtenue sur un an). Nous obtenons tout d'abord la synthèse optimale au voisinage de la variété finale; puis, la structure des équations permet de globaliser ce résultat. Cette étude est effectuée en collaboration avec B. Bonnard, M. Pelletier (Université de Bourgogne); voir [17]. Elle est similaire à un programme de recherche, initialisé dans les années 80 par J.J. Sussman et poursuivi par H. Schättler, où l'état final était fixé.

### 3.6 Etude théorique et numérique de la régularisée de Moreau- Yosida

*Participants* : C. Lemaréchal, C. Sagastizábal

La régularisée de Moreau-Yosida d'une fonction convexe (qui correspond à la résolvante d'un opérateur maximal monotone) est un outil fondamental pour construire des algorithmes efficaces en optimisation non

différentiable; c'est ce qui a motivé notre étude. Une première étape nous a permis d'obtenir un résultat théorique important pour la suite: essentiellement (et sous des hypothèses courantes en optimisation), la régularisée de Moreau-Yosida est deux fois différentiable si et seulement si la fonction originale l'est aussi. Au cours de cette étape, nous avons pu établir quelques résultats généraux d'analyse convexe, reliant les développements au premier ordre d'une fonction convexe et de sa conjuguée; [24].

Les résultats ci-dessus ont alors pu être exploités numériquement, dans la ligne des algorithmes introduits l'année précédente (voir Rapport d'Activité Promath 93, §3.3). Plus précisément, nous avons pu identifier des formules de quasi-Newton conduisant à des algorithmes ayant une solide base théorique, et un bon comportement numérique. A terme, ceci permettra d'enrichir la bibliothèque Modulopt dans le domaine non différentiable.

### 3.7 Optimisation d'un système de production

*Participant* : E. Rofman

Rappelons qu'il s'agit d'optimiser le planning d'une machine multi-produit. Dans le cadre de notre coopération avec l'équipe dirigée par R. González (Univ. Rosario), notre étude a donné de nouveaux résultats dans plusieurs directions.

- a) Une nouvelle méthode de discrétisation a été proposée (avec L. Aragon), réduisant le temps de calcul tout en augmentant la précision. Elle consiste à parcourir les noeuds de la grille d'après des trajectoires "suggérées" par la dynamique; sa portée dépasse d'ailleurs le problème particulier.
- b) Nos résultats des années précédentes étaient valables en présence d'un taux d'actualisation dans la fonction -cout. Nous les avons généralisés au cas totalement ergodique (cout "en moyenne").
- c) Avec E. Mancinelli, nous avons considéré le cas d'une demande aléatoire (prenant un nombre fini de valeurs, suivant un processus de Poisson). Outre les résultats d'existence et unicité, nous avons obtenu une caractérisation de la solution, qui donne naissance à un algorithme d'une grande simplicité.



Les résultats ci-dessus ont été présentés au stand Inria à l'Exposition Francia 2000 à Buenos Aires. Nous nous orientons maintenant vers le cas de plusieurs machines.

### 3.8 Application de méthodes d'identification dans les problèmes de jonction

*Participant* : E. Rofman

Une jonction est l'interface entre deux sous-domaines ayant des dimensions différentes; exemple: cas-limite de l'interface entre une aile d'avion et le fuselage. Cette situation pose des problèmes particuliers et difficiles. Avec R. González, nous avons démarré une étude suggérée par J.L. Lions, concernant l'identification de paramètres à la jonction (plus précisément: les conditions aux limites). Des résultats encourageants ont déjà été obtenus (existence, unicité, méthodes numériques appropriées), qui sont en cours de rédaction.

## 4 Actions industrielles

### 4.1 Optimisation de réseaux électriques

*Participant* : J.F. Bonnans

Cette étude conclut notre contrat avec le service Etudes de Réseaux, EDF-DER, Clamart. Nous avons poursuivi l'étude théorique des méthodes d'approximation pour la résolution des équations des réseaux électriques de puissance, en considérant cette fois le problème de l'optimisation de ces réseaux. Nous avons introduit l'approximation des très hautes tensions, qui permet d'effectuer un développement à partir du problème limite, qui est découplé en actif-réactif. Le résultat utilise les développements récents en théorie de la programmation non linéaire avec perturbation. Il a permis d'énoncer une méthode de résolution numérique découplant les parties actives et réactives, qui est une extension de la méthode dite Cric; [26], [23].

## 4.2 Optimisation de portefeuille

*Participants* : J.F. Bonnans, S. Hitier

Avec la Caisse Autonome de Refinancement, nous avons étudié le problème de l'optimisation de portefeuille par pondération rendement/variance (modèle de Markowitz), en présence de contraintes combinatoires sur les lignes dépassant un montant donné. Un algorithme de branch & bound, associé à des estimations inférieures du cout optimal, obtenues par des techniques d'analyse convexe, s'est avéré très efficace; [25].

## 4.3 Une nouvelle méthodologie de génération de colonnes

*Participant* : C. Lemaréchal

La plupart des problèmes de recherche opérationnelle se présentent comme des programmes linéaires avec un nombre énorme de variables/contraintes (exemple: problèmes combinatoires où le polyèdre réalisable est décrit par ses facettes). Les méthodes classiques de simplexe ou de points intérieurs sont inenvisageables et on doit recourir à une approche par génération de lignes/colonnes. Les codes commerciaux actuels utilisent la méthode de Dantzig-Wolfe pure; tel le code du Gerad de Montréal, largement distribué dans le monde industriel (problèmes de rotation d'équipages, en particulier). Avec F. Soumis et D. Villeneuve du Gerad, nous avons démarré une étude destinée à greffer une stratégie de faisceaux dans la génération de colonnes; ceci devrait considérablement améliorer les performances et la fiabilité de cette dernière.

## 4.4 Processus de production métallurgique

*Participant* : E. Rofman

A l'instigation de la société Arbed (Luxembourg) nous avons défini le cadre d'une étude concernant la nature, le nombre, et l'emplacement des inducteurs électromagnétiques dans une coulée continue. Le but est de créer un brassage réduisant les dendrites, mais aucun modèle rigoureux n'explique la formation de ces dendrites. Par ailleurs, plusieurs équations aux dérivées partielles couplées modélisent la distribution des températures. Après discussion avec les spécialistes, et au vu des expériences réalisées au National Institute of Science and Technology (ex NBS), nous

avons décidé de minimiser l'écart entre les isothermes et un profil empiriquement "idéal". Nos résultats sont comparables à ceux obtenus par S. Felicelli (Tucson), alors que celui-ci utilisait comme critère la régularité des courbes d'équi-concentration du soluté. De ce fait, nous avons préparé une coopération avec S. Felicelli, avec en vue une formulation numérique en 3 dimensions d'espace. Ceci nécessitera la participation active d'un industriel.

## 5 Actions nationales et internationales

### 5.1 Actions de collaboration internationale

- J.F. Bonnans: Coordinateur de l'action Chili-Communauté Européenne "Optimization: sensitivity, nonsmooth programming and monotonicity, algorithms". Participation à des actions franco-chilienne (comité Ecos), franco-israélienne (accord Arc-en-ciel), et européenne (programme HCM).
- J.C.H. Gilbert: Accord Inria-NSF "Algorithmes pour l'Optimisation des Problèmes de grande taille avec contraintes" avec R. Byrd et J. Nocedal.

### 5.2 Responsabilités scientifiques hors Inria

- J.F. Bonnans: Membre du Conseil d'Administration de la Société de Mathématiques Appliquées et Industrielles (Smai)
- C. Lemaréchal: Editeur associé à Siam J. Optimization, Trésorier du groupe Mode de la SMAI, Expert auprès de la Mission Scientifique et Technique du MESR.

### 5.3 Arbitrages d'articles

Math. Programming (4), Computational Optimization and Applications, Siam (3) Math. Oper. Research, Sicon (4), Cras (2), livres (3), Siopt (10), Journal of Convex Analysis (2), IEEE Trans. on Automatic Control; divers, Zentralblatt für Math., Math. Reviews, etc.

### 5.4 Professeurs et chercheurs invités

Le projet a invité cette année de nombreux spécialistes étrangers: L. Aragone (Rosario), R. Araya (Univ. Chili), A. BenTal (Technion, 2

semaines), R. Byrd (Boulder, 1 semaine), R. Cominetti (Universidad de Chile, 1 semaine), C.C. Gonzaga (Rio de Janeiro, 1 mois), K. Kiwił (Varsovie, 2 semaines), J.L. Menaldi (Wayne State Univ.), L. Nazareth (Pullman, 1 semaine), J. Nocedal (Evanston, 1 semaine), J.S. Pang (the Johns Hopkins, 1 semaine), F. Potra (Iowa, 2 semaines), A. Sartenaer (Namur, 1 mois), A Shapiro (Georgia Tech., Atlanta, 2 semaines), Y. Ye (Iowa, 1 semaine).

## 5.5 Divers

- J.Ch. Gilbert: Séjours à Northwestern, Evanston, University of Colorado, Boulder.
- E. Rofman: Organisateur de la Journée “Recherche-Industrie”, à l'Exposition Francia 2000, Buenos Aires.

## 6 Diffusion des résultats

### 6.1 Diffusion de produits

M2QN1 (code d'optimisation avec contraintes de bornes) mis à disposition pour usage académique à: Univ. Waterloo (A. Bogobowicz: gestion de l'eau, identification de la perméabilité), Cnes-Lerts Toulouse (S. Maggion: identification de la réflectance terrestre, d'après des données satellitaires).

M1QN3 (code d'optimisation de grande taille sans contrainte) mis à disposition pour usage académique à: Institute for Remote Sensing Application, Joint Research Center, Ispra, Italie (circulation océanique, code Ispramix, M. Ouberdous), Institute of Oceanology, Bulgarie (E. Demirov), Institut National des Sciences Appliquées de Rennes (circulation océanique, F. Brossier), Laboratoire d'Analyse Numérique, Jussieu, Paris (Optimisation de formes, J. He), Laboratoire Lodyc, Jussieu, Paris (modélisation océanique, M. Crepon), Météo-France (G. Desroziers), Meteorological Office, Londres (J. Shurlock).

## 6.2 Actions d'enseignement

### 6.2.1 Enseignements universitaires

- J.F. Bonnans: Maître de conférences en analyse numérique et optimisation, Ecole Polytechnique (jusqu'en juillet). Cours "Optimisation non linéaire avec perturbation" (mai-juin), et "Optimisation" (octobre-décembre), DEA Modélisation et méthodes mathématiques en économie, Université de Paris 1. Cours "Optimisation et gestion industrielle", Essec.
- J.Ch. Gilbert, C. Sagastizábal: Ensta 2ème année: "Optimisation et Contrôle Optimal", (avec C. Saguez).
- C. Lemaréchal: DEA Méthodes et Modèles Mathématiques de l'Economie, Paris 1; "Méthodes numériques d'optimisation", "Analyse convexe".
- C. Sagastizábal: activité de tutorat dans le DEA Méthodes et Modèles Mathématiques de l'Economie, Paris 1.

### 6.2.2 Séminaires et formation permanente

- C. Lemaréchal: Cours intensif de 3 semaines à l'Université de Montréal (analyse convexe, relaxation lagrangienne, optimisation non différentiable). Ecole postgraduée "Géométrie et Analyse non Linéaire", Univ. Humboldt (Berlin, 1 semaine).
  - E. Rofman: Présentations à Tucson et au National Institute of Science and Technology (Gaithesburg)
  - C. Sagastizábal: Cours intensif de 5 jours d'optimisation non différentiable, Séminaire National de Mathématiques, Córdoba, Argentine.
- Séminaires à IHP, Nancy, Grenoble, Besançon, Limoges, Namur, Toulouse, Clermont-Ferrand, Mexico (Cimat et Unam), Rio de Janeiro, Univ. Chili, Univ. Buenos Aires, Evanston.

## 6.3 Jurys de thèse

Participation aux jurys de thèse de: S. Kabbadj (Montpellier 2), J.M. Guillard (Paris 6), T. Eve (Paris 6), Ph. Couttat (Paris 1), H. Lebreton (Rennes).

## 6.4 Participation à des manifestations

XII International Symposium on Mathematical Programming, Ann Arbor, 15-20 août 1994, C. Lemaréchal, J.F. Bonnans, J.C. Gilbert, C. Sagastizábal (7 communications en tout).

Contrôle en temps minimal avec condition terminale de codimension 1, Workshop on Geometric Control and Sub-Riemannian Geometry, Rouen, juin 1994, G. Launay.

Septième colloque franco-allemand d'optimisation, Dijon, 27 juin-2 juillet 1994, J.F. Bonnans, J.Ch. Gilbert, C. Sagastizábal (3 communications dont 1 invitée)

Convergence of interior point algorithms for the monotone linear complementarity problem, Euro XIII/OR 36, Glasgow, 19-22 juillet 1994, J.F. Bonnans, C.C. Gonzaga.

Perturbation analysis in semi-infinite programming, Euro XIII/OR 36, Glasgow, 19-22 juillet 1994, J.F. Bonnans, R. Cominetti.

2ème Atelier sur les “Adjoint Applications in Dynamic Meteorology”, Visegrad, Hongrie, avril, J.Ch. Gilbert (communication invitée).

Journées Thématiques du GDR Optimisation de Formes sur les “Méthodes à domaines fictifs et Algorithmes d'Optimisation”, Toulouse, mai, J.Ch. Gilbert, C. Sagastizábal (2 communications invitées).

VII Congrès Latino-ibéro-américain de Recherche Opérationnelle, Santiago du Chili, C. Sagastizábal.

XII Séminaire National de Mathématiques, Córdoba, Argentine, C. Sagastizábal.

Numerical optimization of multi-item machine scheduling problem, Siam Annual Meeting, San Diego, July 1994, E. Rofman (1 communication).

Symposium on Control Problems in Industry, San Diego, E. Rofman (1 communication).

Exposition Francia 2000, Buenos Aires, E. Rofman (6 présentations).

## 7 Publications

### Articles et chapitres de livre

- [1] R. GONZÁLEZ, E. ROFMAN, «On unbounded solutions of Bellman's equation associated to optimal switching control problems with state constraints», *J. Optim. Theory Appl.*, à paraître.
- [2] R. GONZÁLEZ, E. ROFMAN, C. SAGASTIZÁBAL, «Global optimization of arborescent multilevel inventory systems'», *Journal of Global Optimization*, à paraître.
- [3] J.CH. GILBERT, «On the realization of the Wolfe conditions in reduced quasi-Newton methods for equality constrained optimization», *Siam Journal on Optimization*, à paraître.
- [4] J.F. BONNANS, A.D. IOFFE, «Second-order sufficiency and quadratic growth for non isolated minima», *Mathematics of Operations Research*, à paraître.
- [5] J.F. BONNANS, M. BOUHTOU, «The trust region affine interior point algorithm for convex and nonconvex quadratic programming», *RAIRO - Recherche Opérationnelle*, 1994.
- [6] J.F. BONNANS, E. CASAS, «An extension of Pontryagin's principle for state-constrained optimal control of semilinear elliptic equations and variational inequalities», *Siam J. Control Optimiz.* 33(1995).
- [7] J.F. BONNANS, C.C. GONZAGA, «Convergence of interior point algorithms for the monotone linear complementarity problem», *Mathematics of Operations Research*, à paraître.
- [8] J.F. BONNANS, R. COMINETTI, «Perturbed optimization in Banach spaces I: a general theory based on a weak directional constraint qualification», *SIAM J. Control and Opt.*, à paraître.
- [9] J.F. BONNANS, R. COMINETTI, «Perturbed optimization in Banach spaces II: a theory based on a strong directional constraint qualification», *Siam J. Control and Opt.*, à paraître.
- [10] J.F. BONNANS, J.C. GILBERT, C. LEMARÉCHAL, C. SAGASTIZÁBAL, «A family of variable metric proximal methods», *Math. Programming*, à paraître.
- [11] J.F. BONNANS, G. LAUNAY, «Sequential quadratic programming with penalization of the displacement», *Siam J. Optimiz.*, à paraître.
- [12] J.F. BONNANS, A. SULEM, «Pseudopower expansion of solutions of generalized equations and constrained optimization problems», *Mathematical Programming*, à paraître.

- [13] J.F. BONNANS, «Local analysis of Newton-type methods for variational inequalities and nonlinear programming», *Applied Math. Optimiz.* 29, 1994, p. 161–186.
- [14] C. SAGASTIZÁBAL, «A vindication of centralized controls in inventory management'», *Annals of Operations Research*, à paraître.

### Communications à des congrès, colloques, etc.

- [15] C. LEMARÉCHAL, J. ZOWE, «A condensed introduction to bundle methods in nonsmooth optimization», in : *Algorithms for continuous optimization*, E. Spedicato (éd.), *Mathematical and Physical Sciences*, 434, Kluwer, p. 357–382, 1994.

### Rapports de recherche et publications internes

- [16] P. ARMAND, J.CH. GILBERT, «A piecewise line-search technique for maintaining the positive definiteness of the updated matrices in the SQP method», *Rapport de recherche*, Inria, Rocquencourt, 1994.
- [17] B. BONNARD, G. LAUNAY, M. PELLETIER, «Classification générique de synthèses temps minimales avec cible de codimension un et applications», *rapport de recherche*, Université de Bourgogne, Laboratoire de Topologie, soumis aux Annales de l'IHP.
- [18] J.C. GILBERT, «Superlinear convergence of a reduced BFGS method with piecewise line-search and update criterion», *Rapport de recherche n° 2140*, Rocquencourt, Soumis Mathematical Programming.
- [19] J.F. BONNANS, A.D. IOFFE, «Quadratic growth and stability in convex programming problems with multiple solutions», *Rapport de recherche n° 2403*, Inria, Rocquencourt, 1994, Soumis à Convex Analysis.
- [20] J.F. BONNANS, C.C. GONZAGA, «Fast convergence of the simplified largest step path following algorithm», *Rapport de recherche n° 2433*, Inria, Rocquencourt, 1994.
- [21] J.F. BONNANS, R. COMINETTI, «Perturbed optimization in Banach spaces III: Semi-infinite optimization», *Rapport de recherche n° 2404*, Inria, Rocquencourt, 1994.
- [22] J.F. BONNANS, G. LAUNAY, «Large scale direct optimal control applied to the re-entry problem», *Rapport de recherche n° 2402*, Inria, Rocquencourt, 1994.
- [23] J.F. BONNANS, «Mathematical study of very high voltage power networks I: The optimal DC power flow problem», *Rapport de recherche n° 2408*, Inria, Rocquencourt, 1994.



- [24] C. LEMARÉCHAL, C. SAGASTIZÁBAL, «Aspects of the Moreau-Yosida regularization I: theoretical properties», *Rapport de recherche n° 2250*, Inria, Rocquencourt, 1994, Soumis à Siam J. Optimiz.

## Divers

- [25] S. HITIER, «Optimisation de portefeuille avec contrainte de répartition», Rapport de fin d'étude de l'Ecole Centrale des Arts et Manufactures.
- [26] J.F. BONNANS, «Intégration de la méthode Cric dans l'optimiseur OPSYC», 1994, Rapport de fin de contrat Inria-EDF.

## 8 Abstract

This project is devoted to the study of Mathematical Programming – or numerical optimization – from the theoretical and practical viewpoints, as well as its application to problems of industrial origin. This includes: the theory of optimality conditions, stability of optimal solutions with respect to parameters, the construction of optimization algorithms, their application to concrete problems. We consider that our work has three components:

**Basic research** which can be motivated by advanced applications, or by ongoing work among the international scientific community.

**Development** of optimization algorithms, aimed at solving large classes of emerging problems, rather than particular instances of applications.

**Applications** This means the collaboration with industrial partners (or coming from other research areas) on specific problems they are faced with.

Naturally, these three domains are not independent: each one is constantly nourished by the other two.

Among the main achievements this year, we mention that C. Lemaréchal is recipient (with R. Wets, Univ. Cal. at Davis) of the Dantzig Prize 1994. This is the most important prize in optimization, delivered every three years by Siam and the MPS (Math. Programming Society).

## Table des matières

|          |  |          |
|----------|--|----------|
| <b>1</b> | <b>Composition de l'équipe</b>   | <b>1</b> |
| <b>2</b> | <b>Présentation du projet</b>  | <b>2</b> |
| <b>3</b> | <b>Actions de recherche et développement</b>                                       | <b>3</b> |
| 3.1      | Théorie de la perturbation en optimisation . . . . .                               | 3        |
| 3.2      | Algorithmes de points intérieurs: contraintes linéaires et non linéaires . . . . . | 4        |
| 3.3      | Optimisation de grande taille sans contrainte . . . . .                            | 4        |
| 3.4      | Optimisation sur les variétés . . . . .  | 5        |
| 3.5      | Classification générique de problèmes de commande et applications . . . . .        | 5        |
| 3.6      | Etude théorique et numérique de la régularisée de Moreau-Yosida . . . . .          | 5        |
| 3.7      | Optimisation d'un système de production . . . . .                                  | 6        |
| 3.8      | Application de méthodes d'identification dans les problèmes de jonction . . . . .  | 7        |
| <b>4</b> | <b>Actions industrielles</b>   | <b>7</b> |
| 4.1      | Optimisation de réseaux électriques . . . . .                                      | 7        |
| 4.2      | Optimisation de portefeuille . . . . .   | 8        |
| 4.3      | Une nouvelle méthodologie de génération de colonnes . . . . .                      | 8        |
| 4.4      | Processus de production métallurgique . . . . .                                    | 8        |
| <b>5</b> | <b>Actions nationales et internationales</b>                                       | <b>9</b> |
| 5.1      | Actions de collaboration internationale . . . . .                                  | 9        |
| 5.2      | Responsabilités scientifiques hors Inria . . . . .                                 | 9        |
| 5.3      | Arbitrages d'articles . . . . .  | 9        |
| 5.4      | Professeurs et chercheurs invités . . . . .  | 9        |
| 5.5      | Divers . . . . .   | 10       |

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| <b>6</b> | <b>Diffusion des résultats</b>               | <b>10</b> |
| 6.1      | Diffusion de produits . . . . .              | 10        |
| 6.2      | Actions d'enseignement . . . . .             | 11        |
| 6.2.1    | Enseignements universitaires . . . . .       | 11        |
| 6.2.2    | Séminaires et formation permanente . . . . . | 11        |
| 6.3      | Jurys de thèse . . . . .                     | 11        |
| 6.4      | Participation à des manifestations . . . . . | 12        |
| <b>7</b> | <b>Publications</b>                          | <b>13</b> |
| <b>8</b> | <b>Abstract</b>                              | <b>15</b> |