

Jonas KOKO

Né le 13 mars 1966

Célibataire

21, Allée du parc, 63110 Beaumont, France

Tél: 04 73 27 60 94/ 06 81 19 34 45

e-mail: koko@isima.fr

## 1 Situation actuelle

J'ai été nommé Maître de Conférences à l'Institut Supérieur d'Informatique, de Modélisation et de leurs Applications (ISIMA) en septembre 1998. J'effectue ma recherche au Laboratoire d'Informatique, de Modélisation et d'Optimisation des Systèmes (LIMOS), CNRS UMR 6158 - Université Blaise Pascal (Clermont 2).

Depuis la rentrée 2004, je co-dirige (avec V. Barra) la filière *Calcul et Modélisation Scientifiques* de l'ISIMA.

## 2 Titres universitaires

20 octobre 2006 **Habilitation à Diriger les Recherches en Mathématiques Appliquées: Méthodes de décomposition basées sur l'Optimisation**, Université Blaise Pascal (Clermont 2)

14 septembre 1994 **Doctorat de Mathématiques Appliquées: Méthodes du gradient conjugué généralisés - Habillage et pliage de surfaces**, mention Très Honorable avec félicitations du jury Université Blaise Pascal (Clermont 2)

1990 **DEA de Mathématiques Appliquées**, Université Blaise Pascal (Clermont 2)

1989 Maîtrise de Mathématiques, Université des Sciences et Technologies Houari Boumédiène (Alger, Algérie).

1988 Licence de Mathématiques, Université de Tlemcen (Algérie).

## 3 Fonctions

2004- Co-directeur (avec V. Barra) de la filière «Calcul et Modélisation Scientifiques» de l'ISIMA, Université Blaise Pascal (Clermont 2).

1998- Maître de Conférences en Mathématiques Appliquées à l'ISIMA, Université Blaise Pascal (Clermont 2).

1997-1998 Ingénieur d'études Informatique/Calcul aux Laboratoires LERMES et LIMOS, Université Blaise Pascal (Clermont 2).

1993-1995 ATER de Mathématiques et Informatique, UFR Sciences Exactes et Naturelles, Université Blaise Pascal (Clermont 2).

## 4 Activités de recherche

### 4.1 Algorithmes d'optimisation et application à l'ingénierie

Après la thèse, mon activité de recherche a porté principalement sur les algorithmes d'optimisation continue (gradient conjugué, Lagrangien/Lagrangien augmenté) et leurs applications à la résolution des problèmes de l'ingénierie (contact en mécanique, mise en forme de matériaux composites).

- *Gradient conjugué généralisé*. J'ai étudié les algorithmes du gradient conjugué ayant deux coefficients dont l'un sert à compenser la perte de conjugaison des directions construites. Avec A. Moukrim nous avons mis au point une version parallèle.
- *Applications des algorithmes de Lagrangien augmenté* à la mise en forme d'armatures tissées de matériaux composites (avec A. Quilliot et F. Bendali). Cette étude, menée pour MFP Michelin, avait pour but de prédire la taille de l'armature à découper pour qu'après pliage ou mise en forme, on obtienne la forme (jante ou disque de roue) sans perte.
- *Modélisation d'armatures tissées de matériaux composites* (avec A. Quilliot). Nous avons proposé dans cette étude une équation différentielle décrivant la trajectoire des fibres d'une armature tissée (de matériau composite) sur une surface de révolution. Ce qui permet de calculer la taille exacte à découper pour habiller la surface. Nous avons appliqué la méthode avec succès à une jante de roue. J'ai ensuite proposé une modélisation mathématique des armatures tissées prenant en compte le couplage chaîne/trame. Pour la résolution numérique, j'ai proposé une méthode de décomposition de type directions alternées. Ce qui me conduira vers les méthodes de décomposition de domaine.
- *Algorithme parallèle pour la minimisation sans contrainte par décomposition* (avec B. Bachelet et C. Duhamel). Cette étude nous a été inspirée par les méthodes de décomposition de domaine. Curieusement, la plupart des algorithmes parallèles en optimisation sans contrainte n'utilisent pas la décomposition. Ce qui limite leur usage à des problèmes de taille modérée. Nous proposons un algorithme parallèle pour la minimisation sans contrainte de fonctions partiellement séparables. L'algorithme est du type Uzawa/relaxation par blocs. L'implémentation avec MPI montre que le gain de temps est considérable pour des fonctions de plusieurs centaines de milliers de variables.

### 4.2 Méthodes de décomposition de domaines basées sur l'optimisation

A partir de 2001, mon activité de recherche a porté principalement sur l'application des méthodes d'optimisation à la décomposition de problèmes couplés issus de la mécanique

(structures avec joints, couplage océan/atmosphère, contact entre deux corps élastiques déformables, problème non linéaire de bassin sédimentaire). Ce changement de thématique a été réalisé en collaboration avec D. Bresch (CNRS, Université de Chambéry).

Les méthodes de décomposition de domaine ont connu un intérêt fulgurant ces dernières années en raison de leur implication évidente en calcul parallèle. Il s'agit de transformer, à partir d'une partition du domaine de travail en sous-domaines, un problème en une suite de sous-problèmes découplés qu'on peut résoudre en parallèle. Le but est d'accélérer la résolution sur un ordinateur parallèle ou série. Il existe un site web sur le sujet ([www.ddm.org](http://www.ddm.org)) qui permet d'apprécier le volume de travail et la variété des approches.

#### 4.2.1 Problèmes couplés avec interface

Dans ce type de problèmes, la décomposition de domaine s'applique de manière quasi-naturelle puisque les sous domaines existent déjà. Moyennant une hypothèse de convexité, nous avons mis au point des méthodes de décomposition de domaine à partir soit d'un problème primale (moindres carrés sur le couplage) ou dual (contraintes sur le couplage). La dualité nous a paru comme l'outil le plus efficace car elle permet le découplage même quand le problème de départ n'est pas linéaire. Nous avons appliqué ces techniques avec succès dans les cas suivants:

- problèmes de structures avec joint (linéaire ou non linéaire);
- problèmes de fluides de Stokes ou de Navier-Stokes couplés.

Dans le cas de problème de structures avec joint, j'ai conduit une analyse, (théorique et numérique) de la convergence pour les deux types de méthodes, à l'aide de l'opérateur de Steklov-Pincaré. Il en ressort qu'en nombre d'itérations, les deux méthodes peuvent être équivalentes moyennant des préconditionnements appropriés.

J'ai aussi travaillé sur une méthode de décomposition de domaine basée sur l'optimisation hiérarchique, particulièrement adaptée au couplage par contraintes d'inégalité. Cette méthode de décomposition de domaine a été développée sur un problème de contact entre deux corps élastiques déformables. J'ai introduit une surface rigide fictive entre les deux corps élastique qui est ajustée itérativement. On obtient à chaque itération, un problème de contact unilatéral et un problème de déplacement imposé. Mais devant la complexité de l'algorithme et son coût, j'ai proposé un autre algorithme de décomposition de domaine de type Uzawa/relaxation par blocs qui a l'avantage de pouvoir prendre en compte le frottement (de Tresca). De plus pour les problèmes d'élasticité linéaire, les matrices sont constantes dans l'algorithme.

#### 4.2.2 Problèmes non linéaires elliptiques

En général pour les problèmes non linéaires, la décomposition de domaine est appliquée au problème linéarisée (par une méthode de Newton ou d'Euler). Notre originalité est d'avoir proposé une méthode de décomposition n'ayant qu'une boucle. Pour cela nous avons reformulé le problème comme un problème d'optimisation non linéaire avec contraintes.

Les contraintes sont les conditions de continuité à l'interface. Lorsqu'il n'y a pas de sous-domaines interne, un algorithme de décomposition de domaine de type Uzawa/gradient conjugué donne de bons résultats. En cas d'existence de sous-domaines internes, les sous-problèmes internes sont des problèmes de Neumann purs qui peuvent ne pas avoir de solution. Dans ce cas nous utilisons un Lagrangien augmenté pour avoir un algorithme de décomposition de domaine de type Uzawa/relaxation par blocs. Ce type d'approche a été testé avec succès dans le cas d'un problème non linéaire de bassin sédimentaire ou du problème elliptique  $u^3 - \Delta u = f$ .

### 4.3 Modélisation, optimisation et contrôle d'un processus d'épandage

Cette étude est réalisée dans le cadre de la thèse de Teddy VIRIN (janvier 2006 - mars 2007). Cette thèse a été cofinancée par le CEMAGREF et Sulky-Burel (constructeur de machines agricoles). Il s'agit de déterminer les paramètres de l'épandeur pour minimiser l'écart entre la dose prescrite et la dose réelle. Le phénomène de pollution diffuse des eaux de surfaces et des nappes aquifères par les produits d'épandage issus de l'agriculture n'est plus à démontrer.

Les travaux de recherche entrepris ces dernières années sur le procédé d'épandage ont permis la détermination analytique de la fonction de repartition de l'engrais en fonction des paramètres de l'épandeur. C'est cette fonction de repartition qui est la base de notre travail. J'ai proposée une première modélisation sous forme de problème de contrôle d'un système gouverné par une équation différentielle. Ce modèle a été testé numériquement avec succès puisqu'on obtient des erreurs d'épandage de moins de 1%. J'ai également proposé une deuxième modélisation sous forme de contrôle d'un système gouverné par une équation aux dérivées partielles. Ce modèle a l'avantage de découpler l'épandage du contrôle et de prendre en compte ce qui se passe au bords. Ce modèle est en cours de validation numérique.

Cette étude a débouché sur deux brevets industriels (CEMAGREF/Sulky-Burel) et notre communication a obtenu le prix *Best Industrial Paper* à la conférence *Control'2006* à Lisbonne, Portugal.

### 4.4 Autres travaux

A travers divers contrats et collaboration, j'ai aussi mené, plus ou moins en parallèle, des travaux dans d'autres directions.

#### 4.4.1 Adaptation de maillages

J'ai travaillé, avec R. Touzani et P. Béal, sur une méthode d'adaptation de maillage à topologie fixe pour la détermination de la zone de contact dans un problème de contact unilatéral. Nous avons adopté la technique qui consiste à considérer le maillage comme un réseau de ressorts dont les coefficients de raideur dépendent de l'estimation d'erreur sur chaque arête. On cherche alors la position des nœuds qui minimise l'énergie du réseau

de ressorts par une méthode de type Gauss-Seidel. Les résultats que nous avons obtenus semblent satisfaisants et répondent au problème posé dans cette étude.

La technique du réseau de ressorts à été appliquée à l'optimisation des capteurs d'un réseau de surveillance de pollution. Cette étude a permis à la société Numtech (P. Béal, PDG) de remporter l'appel d'offres (national) lancé par l'organisme en charge de la qualité de l'air de l'étang de Berre (Airfobep, Bouches du Rhône) pour la mise au point de codes numériques de prévision de pics de pollution.

#### 4.4.2 Cristaux liquides nématiques

Cette étude en cours est menée en collaboration avec F. Guillén-González de l'Université de Séville (Espagne). On s'est intéressé ici à la simulation numérique d'une système d'équations aux dérivées partielles modélisant les cristaux liquides nématiques. Ce problème est un système d'évolution couplant les équations de Navier-Stokes et les équations de Ginzburg-Landau qui modélisent la cristallinité du liquide. Nous avons discrétisé, en temps, le problème par un schéma de type operator-splitting. Les problèmes des différents sous-pas de temps sont résolus ensuite à l'aide d'une méthode de point fixe, une méthode de type Uzawa/Gradient Conjugué et une méthode de type Uzawa/relaxation par blocs. L'avantage de notre approche est que tous les éléments finis utilisés sont au maximum  $P_1$  contrairement aux autres approches où les éléments sont au minimum  $Q_1$  ou  $P_1$  stabilisé.

### 4.5 Projet de recherche

#### 4.5.1 Décomposition de domaine

Il est clair qu'avec le développement des moyens de calcul parallèle (clusters et grilles de calcul), les méthodes de décomposition de domaines connaîtront un intérêt croissant. Dans l'immédiat je compte mener, pour les fluides couplés, la même étude sur la convergence que pour les structures avec joint. En particulier, la décomposition du problème de fluides de Stokes couplés en sous-problèmes de Poisson découplés qui offrent des perspectives plus intéressantes en termes de parallélisabilité moyennant un travail de préconditionnement. Il serait aussi intéressant d'appliquer la méthode de dualité à d'autres types de couplage (eaux de surface/eaux souterraines, couplage milieu poreux/milieu non poreux, faille dans un bassin sédimentaire, etc.).

Une autre direction pour les méthodes de décomposition de domaine basées sur la dualité est leur application aux problèmes de plasticité, viscoplasticité ou viscoélasticité. En effet, dans ce type de problèmes, certaines fonctionnelles énergie ont des propriétés de convexité. Ce qui permet de dériver directement une méthode de décomposition de domaine en reformulons le problème comme un problème d'optimisation avec contraintes, les contraintes étant les équations de continuité aux interfaces.

### 4.5.2 Contrôle du processus d'épandage

Pour le contrôle du processus d'épandage, dans l'immédiat il nous faut valider la modélisation en problème de contrôle d'un système gouverné par une équation aux dérivées partielles. Cette formulation à l'avantage de permettre le contrôle de ce qui se passe aux bords du domaine grâce aux conditions aux limites sur l'équation aux dérivées partielles. L'équation d'état étant une équation aux dérivées partielles linéaire (diffusion), une décomposition de domaine est donc envisagée pour paralléliser les calculs. En plus des réglages optimaux de l'épandeur, on peut envisager la recherche d'une trajectoire optimale lorsque celle-ci n'est pas imposée.

### 4.5.3 Développement de codes numériques

Depuis quelques années, j'ai entrepris la construction d'un kit de fonctions Matlab pour la résolution de problèmes d'équations aux dérivées partielles (les sources sont disponible au <http://www.isima.fr/koko/codes.html>). Toutes les fonctions d'assemblage de matrices et vecteurs sont vectorisées et ne nécessitent que les fonctions de base de Matlab. Le but est de pouvoir se passer, à terme, de la toolbox (commerciale) PDE (qui n'est plus développée par MathWorks). Pour l'instant j'ai réalisé les principales fonctions d'assemblage en 1D et 2D (masse, Laplacien, forces de volume et de bord). Les fonctions sont écrites de sorte qu'on puisse les incorporer dans une procédure itérative de type Newton. Les fonctions d'assemblage vectorisées pour l'élasticité linéaire sont également disponibles. Le développement des fonctions d'assemblage pour le problème de Stokes est en cours. Le kit est accompagné de fonctions de post-traitement (courbes de niveau, contraintes, maillage déformés, etc). Le but final est d'avoir un kit qui couvre aussi les problèmes tridimensionnels et la génération de maillages.

Dans le cadre du programme régional *INNOV@PÔLE* 2007 (i.e. contrat Etat-Région) j'ai déposé, avec Rachid Touzani (Laboratoire de Mathématiques, Université Clermont 2 - CNRS UMR 6620), un projet intitulé *Calcul Scientifique Intensif pour la simulation numérique en mécanique des fluides, turbulence et environnement*. L'objet de ce projet de recherche est le développement et la mise en œuvre des méthodes numériques performantes pour des problèmes orientés environnement (écoulements atmosphériques, îlot de chaleur urbain, épandage d'engrais). J'ai obtenu une somme de 40000Euros pour l'acquisition d'un serveur de calcul parallèle.

## 4.6 Encadrement doctoral

**Thèse Teddy VIRIN:** *Optimisation et contrôle d'un processus d'épandage*. La thèse a été co-financée par le CEMAGREF de Clermont-Ferrand et Sulky-Burel (machines agricoles). La thèse a commencé en janvier 2004 et a été soutenue le 2 mars 2007.

**Thèse Mourad CHAMEKH:** *Problèmes d'auto-contact dans une tige en grands déplacements tridimensionnels*. Co-encadrement avec M. Moaker Professeur à l'Ecole Nationale d'Ingénieurs de Tunis (ENIT), Tunisie. J'apporte ici mon expertise en problèmes

de contact, en algorithmes du Lagrangien augmentés et calcul scientifique. La thèse a commencé en janvier 2005.

## 4.7 Publications

### 4.7.1 Articles parus ou acceptés

1. Convergence analysis of optimization-based domain decomposition methods for a bonded structure, *Applied Numerical Mathematics* 58, pp. 69-87 (2008).
2. Lagrange multiplier-based domain decomposition methods for a non-linear sedimentary basin problem, *Computational Geosciences* 11, pp. 307-317 (2007).
3. Décomposition par dualisation d'un problème non linéaire de bassin sédimentaire, *ESAIM: Proceedings* 20, pp. 149-156 (2007).
4. Vectorized Matlab codes for linear two-dimensional elasticity, *Scientific Programming* 15, pp. 157-172 (2007).
5. A Lagrange multiplier décomposition method for a nonlinear sedimentary basin problem, *Mathematical and Computer Modelling* 45(3-4), pp. 440-448 (2007).
6. (avec Bresch D.) Operator-splitting and Lagrange multiplier domain decomposition methods for numerical simulation of two coupled Navier-Stokes fluids, *International Journal of Applied Mathematics and Computer Science* 16 (4), pp. 419-429 (2006).
7. Uzawa conjugate gradient domain decomposition methods for two coupled Stokes flows, *Journal of Scientific Computing* 26, pp. 195-215 (2006).
8. (avec Bresch D.) An optimization-based domain decomposition method for nonlinear wall laws in coupled systems, *Mathematical Models and Methods in Applied Sciences* 14, pp. 1085-1101 (2004).
9. Newton's iteration with a conjugate gradient based decomposition method for an elliptic PDE with a nonlinear boundary condition, *International Journal of Applied Mathematics and Computer Science* 14, pp. 13-18 (2004).
10. An optimization-based domain decomposition method for two-body contact problem, *Numerical Functional Analysis and Optimization* 24, pp. 587-605 (2003).
11. An optimization based domain decomposition method for a bonded structure, *Mathematical Models and Methods in Applied Sciences* 12, pp. 857-870 (2002).
12. (avec Béal P. et Touzani R.) Mesh  $r$ -adaptation for unilateral contact problems, *International Journal of Applied Mathematics and Computer Science* 12, pp. 101-108 (2002).
13. Modeling of textile composites with warp/weft frictional contact, *Journal of Engineering Mathematics* 38, pp. 297-308 (2000).
14. A conjugate gradient method with quasi-Newton approximation, *Applicationes Mathematicae* 27, pp. 153-165 (2000).

15. (avec Bendali F. et Quilliot A.) The draping of fabrics over arbitrary surfaces: an augmented Lagrangian method, *Journal of the Textile Institute* 90, pp. 177-186 (1999).
16. (avec Moukrim A.) Parallel implementation of a generalized conjugate gradient algorithm, *Informatica* 9, pp. 437-448 (1998).
17. Semi-analytical solutions for an orthotropic cylindrical shell problem with prescribed radius, *European Journal of Mechanics A/Solids* 17, pp. 865-879 (1998).
18. An orthotropic cylindrical shell problem with prescribed radius, *Mathematical Engineering in Industry* 7, pp. 57-70 (1998).
19. (avec Bendali F. et Quilliot A.) Génération de surfaces 3D par pliage de surfaces planes rectangulaires, *RAIRO-APII Journal Européen de Systèmes Automatisés* 31, pp. 807-830 (1997).
20. (avec Quilliot A.) Habillage de surfaces de révolution, *RAIRO Modélisation Mathématique et Analyse Numérique* 29, pp. 765-778 (1995).

#### 4.7.2 Article soumis

1. Uzawa block relaxation domain decomposition method for the two-body contact problem with Tresca friction.
2. Uzawa block relaxation methods for the unilateral contact problem.
3. An augmented Lagrangian based domain decomposition method for a nonlinear elliptic problem.
4. (avec Virin T., Piron E. et Martinet Ph. et Berducat M.) Optimization-based approach for a better centrifugal spreading, (proceedings of Controlo'2006).
5. (avec Virin T.) An optimization method for the reduction of fertilization errors with centrifugal applicators.

#### 4.7.3 Conférences

1. (avec B. Bachelet et C. Duhamel) Algorithme de décomposition de vecteur pour la parallélisation d'un problème de minimisation sans contrainte semi-séparable, *Journées MODE 2008* 26-28 février, Clermont-Ferrand, France (2008).
2. (avec T. Virin) Optimisation d'un processus d'épandage d'engrais, *Premier Congrès de la Société Marocaine de Mathématiques Appliquées (SM2A)* 6-8 février, Rabat, Maroc (2008).
3. (avec Virin T., Piron E. et Martinet Ph.) On the use of optimization methods for the minimization of fertilizer application error with centrifugal spreader, *ICINCO 2006 3rd International Conference on Informatics in Control, Automation and Robotics* august 1-5, Setubal, Portugal (2006), pp. 124-129.

4. (avec Virin T., Piron E. et Martinet Ph. et Berducat M.) Optimization-based approach for a better centrifugal spreading, *Controlo'2006 - Seventh Portugues Conference on Automatic and Control* september 11-13, Lisbon, Portugal (2006).
5. (avec Virin T., Piron E., Martinet Ph. et Berducat M.) Spatial optimization of fertilizer application by centrifugal spreading, *STIC et Environnement* 5-7 avril, Narbonne, France (2006), pp. 258-265.
6. (avec Guillen-Gonzalez F.) Numerical approximation for a liquid crystal model with splitting in time scheme and augmented Lagrangian method, *Congresso de Ecuaciones Diferenciales y Aplicaciones (CEDYA'2005)* september 19-20, Madrid, Espagne (2005), pp. 183-188.
7. Décomposition par dualisation d'un problème non linéaire de bassin sédimentaire, *Rencontres Franco-Marocaines d'Approximation et Optimisation (RFMAO 2005)* 19-21 septembre, Rabat, Maroc (2005).
8. Lagrangian/Augmented Lagrangian Methods and Application to Decomposition of Coupled Systems, *2ème biennale de la Société Brésilienne de Mathématiques* octobre, Sao Salvador da Bahia, Brésil (2004).
9. Modélisation 2D de plaques tissées avec frottement chaînes/trâme, *CIMASI 2000* 23-25 octobre, Casablanca, Maroc (2000).
10. (avec R. Touzani et P. Béal) A mesh optimization procedure for obstacle problems, *CIMASI 2000* 23-25 octobre, Casablanca, Maroc (2000).

## 4.8 Séminaires

1. Méthodes de décomposition de domaine pour des problèmes non linéaires, *Séminaire du Laboratoire Jean Leray, Université de Nantes*, Nantes, février 2007.
2. Méthodes de décomposition de type Uzawa: pour EDP couplées linéaires et non linéaires, *Séminaire LAMSIN-ENIT*, Tunis, Octobre 2005.
3. Méthodes de décomposition de domaines pour les systèmes couplés, *Séminaire du Laboratoire Jean Dieudonné, Université de Nice Sofia-Antipolis*, Nice, juin 2004.
4. Optimization Based Domain Decomposition Methods for Bonded Structures, *Séminaire E.D.A.N. Universidad de Sevilla, Sevilla*, Séville, Espagne, juin 2003.

### 4.8.1 Mémoires et rapports

Certains rapports de recherche sont disponibles sur site de prépublications du LIMOS <http://www.isima.fr/limos>.

1. (avec T. Virin) An optimization method for the reduction of fertilization errors with centrifugal applicators, *Rapport de Recherche LIMOS RR-07-06*, CNRS UMR 6158 - Université Blaise Pascal (2007).

2. Lagrange multiplier based domain decomposition methods for a nonlinear sedimentary basin problem, *Rapport de Recherche LIMOS RR-07-3*, CNRS UMR 6158 - Université Blaise Pascal (2007).
3. Méthodes de décomposition basées sur l'optimisation, *Mémoire d'habilitation à diriger les recherches*, Université Blaise Pascal - Clermont 2 (2006).
4. Décomposition par dualisation d'un problème non linéaire de bassin sédimentaire, *Rapport de Recherche LIMOS RR-05-11*, CNRS UMR 6158 - Université Blaise Pascal (2005).
5. (avec Béal P.) Optimization of a network of measuring stations for air pollution monitoring, *Rapport de Recherche LIMOS RR-04-05*, CNRS UMR 6158 - Université Blaise Pascal (2004).
6. Uzawa conjugate gradient domain decomposition methods for two coupled Stokes flows, *Rapport de Recherche LIMOS RR-04-15*, CNRS UMR 6158 - Université Blaise Pascal (2004).
7. (avec Bresch D.) An optimization-based domain decomposition method for nonlinear wall laws in coupled systems, *Rapport de Recherche LIMOS RR-04-04*, CNRS UMR 6158 - Université Blaise Pascal (2004).
8. Newton's iteration with a conjugate gradient based decomposition method for an elliptic PDE with a nonlinear boundary condition, *Rapport de Recherche LIMOS RR-04-03*, CNRS UMR 6158 - Université Blaise Pascal (2004).
9. (avec Béal P. and Touzani R.) Mesh  $r$ -adaptation for unilateral contact problems, *Rapport de Recherche LMA 01-02*, Université Clermont 2 -CNRS UMR 6620 (2001).
10. (avec Béal P. and Touzani R.) Étude de méthodes d'adaptation de maillage pour des problèmes de contact, *Rapport Contrat Michelin 81.0976.00* (2000).
11. Algorithmes du gradient conjugués généralisés. Habillage et pliages de surfaces, *Thèse de Doctorat*, Université Clermont 2 - Blaise Pascal (1994)

## 5 Activités d'enseignement

L'ISIMA est une école d'ingénieurs de l'Université Blaise Pascal qui recrute à Bac+2 et accueille sur trois ans des promotions d'une centaine d'étudiants. Les enseignements en première année (*i.e.* L3) se font sous forme de cours-TD en groupe de 30 à 40 étudiants et de TP en sous-groupe de 15 à 20 étudiants en monômes. En deuxième et troisième année (*i.e.* M1 et M2) les étudiants sont répartie en filière. Tous les enseignements se font en groupe d'une vingtaine d'étudiants, chaque enseignant étant responsable de son cours. La responsabilité d'un cours entraîne naturellement une forte implication dans la mise au point des sujets de TD/TP et, en première année, une coordination de l'équipe enseignante.

## 5.1 Enseignements en première année ISIMA (L3)

### **Analyse numérique matricielle et Optimisation:** Cours/TD, 56h (1998-)

Ce cours traite des méthodes classiques de résolution des systèmes linéaires et des problèmes de valeurs propres: élimination de Gauss, factorisation LU, factorisation de Cholesky, moindres carrés linéaires, méthode de Jacobi, méthode QR. On y aborde aussi les notions de stabilité numérique et de conditionnement. Dans la partie optimisation, on introduit les notions de base (gradient, dérivée directionnelle, convexité) et les algorithmes simples (plus forte pente, gradient conjugué). On introduit aussi la notion de multiplicateurs de Lagrange et de point-selle pour les problèmes d'optimisation avec contraintes d'égalité.

### **Programmation numérique:** Cours/TD/TP, 22h (1998-)

Il s'agit ici de permettre aux étudiants de saisir la spécificité de la programmation pour le Calcul Scientifique à travers un langage dédié, à savoir le Fortran 90. Ce cours est conçu comme une application du cours d'Analyse numérique ci-dessus. Les TP sont donc conçus pour illustrer le comportement de certains algorithmes vus au cours d'Analyse numérique.

### **Mathématiques pour DUT:** Cours/TD/TP, 46h (1998-)

Ce cours est destiné à la mise à niveau des étudiants entrés à l'ISIMA avec un DUT. Il est conçu pour permettre aux étudiants de comprendre les cours de Calcul Différentiel et d'Analyse Numérique. On y aborde les outils de base de l'Algèbre Linéaire et de l'Analyse.

### **Calcul différentiel:** Cours/TD, 28h (1998-2001)

Ce cours traite des espaces vectoriels normés et de la différentiabilité des fonctions de plusieurs variables ainsi que des théorèmes classiques (point fixe, inversion locale, fonctions implicites). Il s'agit de donner aux étudiants, qui s'engageront dans la filière Calcul et Modélisation Scientifiques, les outils de base nécessaires à la compréhension des cours de deuxième et troisième années sur les méthodes d'approximations des équations aux dérivées partielles.

## 5.2 Enseignements en deuxième année ISIMA (M1)

### **Matlab:** Cours/TD/TP, 22h (2002-)

Ce cours traite du logiciel Matlab en vue du Calcul Scientifique et l'Optimisation. L'accent est mis sur les méthodes directes de résolution des systèmes linéaires, les méthodes itératives pour les systèmes linéaires et non linéaires (gradient conjugué, GMRES, Newton-Raphson). On traite également les matrices creuses et le préconditionnement des méthodes itératives. Deux méthodes d'optimisation sont programmées: la méthode BFGS et la méthode de Levenberg-Marquadt. Ce cours prépare les étudiants aux cours d'éléments finis avec Matlab.

### 5.3 Enseignements en troisième année ISIMA (M2)

**Méthodes de décomposition de domaine:** Cours/TD/TP, 10h (2001-)

Il s'agit ici de méthodes de décomposition de domaines basées sur l'Optimisation, *i.e.* à base de multiplicateurs de Lagrange ou de moindres carrés. Pour ces méthodes, les théorèmes de convergence ne nécessitent que des connaissances de base en Optimisation. Les algorithmes sont présentés sous forme continue et sous forme discrète. La discrétisation est obtenue par la méthode des éléments finis linéaires. L'un des deux algorithmes est ensuite implémenté, en Fortran 90, en utilisant la librairie MPI pour la parallélisation.

**Méthodes Numériques:** Cours/TD/TP, 20h (2005-)

Il s'agit des méthodes d'approximation numériques des équations différentielles ordinaires (Euler, Crank-Nicholson, Runge-Kutta, ...) et des équations aux dérivées partielles (différences finis et éléments finis). On y aborde les notions d'erreur d'approximation, de consistance et de stabilité d'un schéma. Le cours est basé sur des problèmes modèles classiques: équation de Poisson, équation de la chaleur, équation des ondes. Une méthode rapide (Réduction Cyclique) est étudiée en détail et programmée en fortran 90. Le cours se termine par une application. L'année dernière il s'agissait d'étudier l'évolution d'un bassin sédimentaire au cours du temps.

### 5.4 Enseignements en Licence d'Informatique (L3), UFR Sciences et Technologie

**TP d'Optimisation** TP, 16h (1998-2001)

On aborde l'aspect numérique de l'optimisation non linéaire en dimension finie. Quelques algorithmes classiques (gradient conjugué, BFGS, Uzawa) sont programmés en langage C.

### 5.5 Enseignements à Polytech' Clermont-Ferrand

*Polytech Clermont-Ferrand est une autre école d'ingénieurs de l'Université Blaise Pascal (Génie Physique, Génie Biologique, Génie Électrique, Génie Civil et Génie Mathématique et Modélisation). J'interviens en Génie Mathématique et Modélisation (GMM).*

**TP d'Optimisation (deuxième année GMM)** 10h (2001-)

Programmation, en Matlab, de quelques algorithmes classiques d'optimisation non linéaire avec ou sans contraintes (gradient conjugué, BFGS, Levenberg-Marquadt, Lagrangien augmenté).

**Cours d'optimisation avec contraintes (troisième année GMM)** 16h (2007-)

Ce cours traite des conditions d'optimalité (Lagrange, KKT) en optimisation avec contraintes et des méthodes numériques. On étudie les principales méthodes d'optimisation avec contraintes (Newton, points intérieurs, Lagrangien et Lagrangien aug-

menté). Quelques applications sont également étudiées (problème de contact unilatéral, problème de Stokes, décomposition de domaine).

## 5.6 Polycopiés

*Les cours polycopiés sont disponibles au <http://www.isima.fr/koko/cours.html>*

1. Cours de Programmation numérique (Introduction au Fortran 90/95), Cours ISIMA 1ère Année, 99 pages.
2. (avec V. Barra et Ph. Mahey) Cours d'Analyse Numérique (Analyse numérique matricielle et Optimisation), Cours ISIMA 1ère Année, 101 pages.
3. Cours de Logiciel Numérique (Introduction à Matlab), Cours ISIMA 2ème Année, 111 pages.
4. Cours de Méthodes de décomposition (Méthodes de décomposition basées sur l'optimisation), Cours ISIMA 3ème Année, 17 pages.

## 6 Responsabilités collectives

### 6.1 Direction de la filière «Calcul et Modélisation Scientifiques»

Depuis septembre 2004, je co-dirige (avec V. Barra) la filière «Calcul et Modélisation Scientifiques» de l'ISIMA. Le responsable de la filière gère les emplois du temps, les stages et les projets en binôme. Il définit les cours spécifiques de la filière en deuxième et troisième dans le cadre du projet global de l'école.

### 6.2 Responsable des cours d'Analyse et Programmation Numériques

Je coordonne les équipes enseignantes des cours d'Analyse Numérique et Programmation Numérique en première année de l'ISIMA. Comme ces deux cours sont liés, un ordonnancement est nécessaire pour permettre aux étudiants de bien aborder les TP et en retour comprendre le cours d'Analyse Numérique.

### 6.3 Webmestre du site de preprints du LIMOS

J'administre, depuis 2005, le site web des prépublications en ligne du LIMOS. Mon rôle est d'abord de m'assurer que la prépublication soumise est dans le profil recherche du LIMOS (qui est un Laboratoire inter-universitaire), d'attribuer un numéro et d'assurer la mise en ligne. Quelques prépublications, sélectionnées par mes soins, sont reliées et exposées dans le laboratoire.

## 7 Relations industrielles

**MFP Michelin (2000-2002)** *Étude des méthodes d'adaptation et d'optimisation de maillage pour les problèmes de contact unilatéral*, avec R. TOUZANI (Pr Laboratoire de Mathématiques Appliquées CNRS-UMR 6620 Université Clermont 2) et P. BÉAL (Numtech Clermont-Ferrand). Étude de différentes techniques d'optimisation et d'adaptation de maillages pour une meilleure détermination de la zone et de la pression de contact dans un problème de contact unilatéral.

**Numtech (2003-2005)** *Optimisation de la position des capteurs dans un réseau de capteurs de polluants*, avec P. Béal (Numtech). Cette étude a permis à la société Numtech de remporter l'appel d'offres (national) lancé par l'organisme en charge de la qualité de l'air de l'étang de Berre (Airfobep, Bouches du Rhône) pour la mise au point de codes numériques de prévision de pics de pollution.

**Sulky-Burel (2004-2007)** *Modélisation, optimisation et contrôle d'un processus d'épannage*. Thèse de Teddy Virin.

**ONERA 2007-2008** *Eclairement des nuages*, avec A. Benassi (Laboratoire de Météorologie Physique, Université Blaise Pascal). Ce projet a pour objet l'étude de la faisabilité d'une méthode rapide de transfert radiatif pour un nuage d'eau liquide simplifié. Il s'agit de comparer les performances de notre code de calcul (dont la complexité théorique est en  $n \log n$ ) avec celles du code de référence SHDOM.

## 8 Séjour à l'étranger

Octobre 2005 Ecole Nationale d'Ingénieurs de Tunis ENIT/LAMSIN, Université de Tunis, Tunis, Tunisie (2 semaines). Invitation du Professeur M. Moaker.

Avril 2005 EDAN, Université de Séville, Seville, Espagne (2 semaines). Invitation du Professeur F. Guillen-Gonzalez.

Octobre 2004 Universidade Federal da Bahia, Instituto de Matematica, Sao Salvador de Bahia, Brésil (2 semaines). Invitation du Professeur Isamara Alves Carvalho.

Juin 2003 EDAN, Université de Séville, Séville, Espagne (2 semaines). Invitation du Professeur F. Guillen-Gonzalez.

Mars 2001 School of Engineering, Pittsburgh University, Pittsburgh, USA (1 mois). Invitation du Professeur P. Galdi.

Fait à Aubière le 25 février 2008.